



@ ciym

FACULTAD DE INGENIERIA

PROCEDIMENTO SEMI-AUTOMATICO PARA EL CALCULO DE GEOPRESIONES Y GRADIENTES DE FRACTURA









Universidad Nacional Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor. **TESIS CON FALLA DE ORIGEN**

FACULTAD DE INGENIERIA EXAMENES PROFESIONALES 60-1-115



VALVERIDAD NACIONAE AVENNIA

AL Pasante señor NESTOR MARTINEZ ROMERO P r e s e n t e .

En atención a su solicitud relativa, me es grato transcribir a usted a continuación el tema que aprobado por esta Dirección propuso el Prof. M. en I. Raúl León Ventura, para que lo desarrolle como tesis en su --Examen Profesional de INGENIERO PETROLERO.

> "PROCEDIMIENTO SEMI-AUTOMATICO PARA EL CALCULO DE GEOPRESIONES Y GRADIENTES DE FRACTURA"

Resumen

- I.- Introducción
- II. Conceptos fundamentales
- 111. Estudio de presiones anormales
 - IV. Estudio de gradientes de fractura
 - V.- Desarrollo del procedimiento automático de cálculo.
 - VI. Conclusiones
- VII. Apéndices
- VIII. Nomenclatura
 - 1X. Bibliografia

Ruego a usted se sirva tomar debida nota de que en cumplimiento de lo especificado por la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar Examen Profesional: así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares en el sentido de que se imprí ma en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el titulo del traba jo realizado.

Atentamente. "POR ML RAZA HABLARA EL ESPIRITU" **ditaria, P.F., a 27** de Alie de 1981 er Jiménez Esp JJE' MRV' mdb.

N D I C I

I

2 Same	이 것 같아요? 이 것이 것 같아요. 그는 것 아이는 것이 가지는 것이 것 같아?	rag.
	RESUMEN	1
CAPITULO	I INTRODUCCION	3
CAPITULO	II CONCEPTOS FUNDAMENTALES	6
	II.1. Generalidades	6
in the second	II.2. Origen de las Presiones Anormales	14
CAPITULO	III ESTUDIO DE LAS PRESIONES ANORMALES	31
	III.l. Detección	31
	III.1.1. Métodos aplicables antes de la perforación.	31
	III.1.2. Métodos aplicables durante la perforación.	35
	III.1.3. Métodos aplicables después de la perforación	ı. 55
	III.1.4. Consideraciones para la graficación.	78
	III.1.5. Distribución de fuidos.	82
	III.2. Evaluación	86
	III.2.1. Método de Hottman y Johnson.	87
	III.2.2. Método de Eaton.	92
	III.2.3. Método de Foster y Whalen.	98
	III.2.4. Método de profundidades equivalentes.	108
	III.2.5. Método del exponente "de".	112

2410		
1.1.1		Påg.
•	CAPITULO IV ESTUDIO DE GRADIENTES DE FRACTURA	120
-	IV.1. Medición Directa	122
	IV.2. Medición Indirecta	129
	IV.2.1. Método de Hubbert y Willis.	129
1	IV.2.2. Método de Matthews y Kelly.	136
	IV.2.3. Método de Eaton.	141
	IV.2.4. Aplicación práctica de resultados.	147
	CAPITULO V DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO AUTOMATICO DE CALCULO	151
	V.1. Gradiente de la Presión de Formación	151
	V.2. Gradiente de la Presión de Fractura	162
	V.3. Representación Bidimensional de Resultados	166
	CAPITULO VI CONCLUSIONES	201
	CAPITULO VII APENDICES	204
	CAPITULO VIII NOMENCLATURA	222
	CAPITULO IX BIBLIOGRAFIA	229

come les de Hubbert-Willis, Matthews-Kelly y Eaton para la predicción de les gradientes de presión de fractura de las - $\mathbf{N} = \mathbf{M} = \mathbf{U} = \mathbf{Z} = \mathbf{A}$ formaciones.

Con el empleo de este procedimiento se evita

- ra decisiones îngenieriles en zonas de exploración y explota - ra decisiones îngenieriles en zonas de exploración y explota - ra decisiones îngenieriles en zonas de exploración y explota - ción de shidrocarburos, ya que estos parametros guardan una relación muy extrecha con la distribución de fluidos en sel subsuelo.

El paquete de cómputo desarrollado arroja re

-stad hebilito de Durante las Gitimas décadas se han desarro lado varios métodos para estimar los gradientes de presión de formación y de fractura, los cuales han tenido gran aceptación en la industria petrolera. En este trabajo se descri ben los más importantes, comenzando por apuntar las definiciones básicas manejadas y las teorías más conocidas que tra tan de explicar el origen de las formaciones sobrepresiona das.

Se desarrolla un procedimiento de cálculo semi-automático que integra los métodos de Hottman-Johnson, Eaton, Foster-Whalen y profundidades equivalentes, útiles en la estimación de los gradientes de presión de formación; así

-1-

El paquete de cómputo desarrollado arroja re

Ref. P. Allo A. R. Martin, pp. 5, 9-4 (40).

and a feature and the analysis of a second sec

-2-

Elicono 1210 Polar 2472 Mado del gradiente de presión de fractura en las formaciones, junto al de presiónde formación, juega un papel de gran importancia en las operaciones de perforación y terminación, ya que constituye la hase fundamental para la óptima programación de lodos de perforación y profundidades adecuadas de asentamiento de las tu foración y profundidades adecuadas de asentamiento de las tu concesteres entres de constituye la sentamiento de las tu nomes esteres entres de constituye la sentamiento de las tu raciones de perforectados de constituye la sentamiento de las tu foración y profundidades adecuadas de asentamiento de las tu concesteres entres de perfoconsectores estas a concestas de perfonomes asentados estas a consistentes de perfosetas estas a contatos adecuadas de sentaces estas de perforestifico nebug stenda (oggegetel) implétentes estas en las masses estas a contatos com estas estas a establicol nebug asontes de sentas con estas en las de las estas est

- 96 offinno roq units no novul information and an equilibrium exacts.
La detección y evaluación de las zonas sobre presionadas es de vital importancia para el éxito de algunas operaciones dentro de la Industria Petrolera, tales como las involucradas en exploración, perforación y terminación de - pozos. Las experiencias adquiridas indican que existe una - relación evidente de la distribución de aceite y gas con las presiones y temperaturas existentes en el subsuelo, por lo -

que un mejor conocimiento de estos parámetros es de gran interés en el desarrollo de las prácticas de exploración.

. . . .

a dealer that there is a first of the state of the

- 3 -

El conogimiento aproximado del gradiente de presión de fractura en las formaciones, junto al de presiónde formación, juega un papel de gran importancia en las operaciones de perforación y terminación, ya que constituye la base fundamental para la óptima programación de lodos de perforación y profundidades adecuadas de asentamiento de las tu - Berias de revestimiento. Con apropiados programas de perfo-.ooracionesequeducebeledanocausado por elbiodocanias formacioomnes 25roductoras y sed aumenta alongximo 210ritmordes penetra-a era Paleuzóica (câmbrico). Estas zonas pueden localizardesde unos cuantos cientos de metros de la superficie has naf aoiiiiii aoiras aoi abbardor a a localider han "sido utilizadas para predecir y estimar la magnitud de las presiones anormales en las formaciones, debido a sus caracte rísticas y a que además, constituyen un gran porcentaje de los sedimentos depositados en las zonas petroleras.

sustantions of a direct inpacts planet is inited in these

El problema de las presiones anormales ha sido estudiado con gran interes y se han desarrollado técnicas de apoyo para su detección y evaluación. Gráficas semilogarítmicas de resistividad, conductividad, tiempo de tránsito, porosidad, factor de formación y densidad contra la profundidad muestran tendencias típicas cuando se tienen con diciones normales de compactación, ésto es, presiones hidros táticas o normales en las formaciones, en tanto que en zonas

-4-

sobrepresionadas los valores de los parámetros graficados -II OLUTITADO divergen de la tendencia normal. El grado de divergencia es una respuesta directamente proporcional a la magnitud de la sobrepresión y es la base de los métodos de cuantificación. Comportamientos semejantes a las formaciones anormalmente -presionadas pueden resultar por causas ajenas a la presión,-- por lo nque es de gran importancia, correlacionar todos los re una sultados para emitir conclusiones satisfactorias presionadas les sobrepresiones en las formaciones los re

-oicinites de la presión de formación están muy corr canos a los de fractura.

and faith the second states of the

El objetivo de este trabajo es presentar unprocedimiento de cálculo automatizado para lograr rápida y eficientemente la estimación de los gradientes de presión de formación y de fractura. Para el cálculo de estos gradien-tes, el procedimiento integra diversos métodos que proporcio nan una gran confiabilidad en los resultados.

e dan bezer anal a desire e que el de desire e en estatemente de la composition de la composition de la composi

is a stand the second of the

- 5 -

sobrepresionadas los valores de los parámetros graficados -APITULO divergen de la tendencia normal. El grado de divergencia es una respuesta directamente proporcional a la magnitud de la comportantentos semejantes a las formaciones anormalmente -unvelonadas pueden resultar por causas ajenas a la presión,--- everd' anu southes of strevert in a lonar todos los redescripción de las principales teorías que tretan de explicar el origen de las presiones anormales en las formaciones del subsuelo, estableciendose primeramente, todas las definicio-"Pines y los conceptos basicos necesarios para un mejor (entendimiento de cilas plas cono de temas subsecuentes tratados en este trabatos lo renestam anuq estemption series . va que los volores de la presión de formación cstán muy sou and the second state of the second se

II.1. GENERALIDADES.

Presión Hidrostática.

THERE HAT AND A STREET ALL THERE AND A THE ALL THE ALL

La presión hidrostática es causada por el pe so de una columna de fluido sobre una unidad de área. Las dimensiones de anchura de la columna no tienen efecto alguno sobre la magnitud de la presión.

La presión hidrostática es igual al producto de la densidad promedio del fluido y la profundidad de la columna: (1.11)014 ky/cm²/m corresponde "Puna Salinidad de agua de

80000 ppm de NaCl a una temperatura de 25°C.

Para usos prácticos de esta ecuación en la -

industria petrolera se puede expresar:

Presión de Sobrecarga.

1. 4. + 1 + 11.

 $\mathbf{p} = \mathbf{c} \mathbf{\rho} \mathbf{g} \mathbf{D} \tag{II.2}$

Esta presión es la originada por el peso de

-solqme. Sobabinur oplo obneibnegeb do sonodés y se calcula a partir de la densiderolavi sotaelupia soir tamotosoug àsblos fluidos en los espacios porosos. Matemáticamente, la presión de sobrecarga au expresa como:

TABLA	II.1	VALORES	DE	LA	CONSTANTE	С	PARA
obit	del flu	DIFERENT	ES GH	UNID	ADES .)	

(C.11)	P	0⊕ ₄ 4% + 0p	- (15 6a ^() - 5	D
	psi	0.052	lb/gal	ft
	kg/cm ²	0.100	g/cm ³	m
	psi	1.421	g/cm ³	m
the state of	lb/ft ²	204.630	g/cm ³ and a	ti m tastan t
- 1.,14 1.+1. i.	psi an	0.00695	lb/ft ³	ft antal

leioidateini secon

entransations of entransfering for compared to a time entransference

La presión hidrostática es afectada por la concentración de sólidos, por los gases disueltos y por la diferencia de los gradientes de temperatura presentes en la columna de fluido. Por ejemplo, un gradiente de presión de

(1.11) 0.1074 kg/cm²/m corresponde a una salinidad de agua de -

.D°25 esta ecuación en la la mage 00008 Para usos prácticos de esta ecuación en la -

industria petrolera se puede expresar:

Presión de Sobrecarga.

(II.2)

p = cpgD

Esta presión es la originada por el peso de --selamercossescorregacentes extremento de interés y se calcula a -partir de la densidad combinada de la matrizercosa oy de los fluidos en los espacios porosos. Matemáticamente, la presión de sobrecarga se expresa como:

TABLA II.I.- VALORES DE LA CONSTANTE C PARA diula la constante c para de la constante c para de la constante c para intersticial

()	$\mathbf{S} = (1^{\mathbf{p}\mathbf{q}}, \mathbf{y}) \boldsymbol{\rho}_{\mathbf{q}}$	gD + Øp _f gD		(11.3)
25 ° L	159/01	520.U	4. 5. 1	
11	La pres	ion de sobrecar	ga se increme	nta uni

formemente con la profundidad; un gradiente promedio es 0.231 kg/cm²/m, correspondiente a una densidad media del sistema roca-fluido igual a 2.31 g/cm³. El gradiente de sobrecargapuede variar de un lugar a otro y siempre que sea posible debe calcularse para cada zona en especial. El procedimiento para calcular la presión de sobrecarga consiste en leer datos del registro de densidad a varias profundidades y supo ner que la densidad de la roca varía linealmente entre dos profundidades de lectura; entonces para encontrar la densi-- Et des pressedes entres les does basts on calcular, un propedio suparitantico de setos calculos se encuentre el gradiente de sobrecarge desligendo el cociente entre la presión y su correspondiente profundidad.

En este trabajo, al mencionar presión anor--

d water and the second the second

Presión Normal.- En términos generales es la presión hidrostática ejercida por una columna de agua (80 000 ppm de-NaCl) desde la superficie hasta la profundidad de la forma-ción en estudio.

Presión Anormal.- Por definición, es la caracteriza da por apartarse de la tendencia normal, de este modo se pue don tener presiones anormalmente bajas y altas, siendo estas últimas las que se presentan con más frecuencia.

A State to

En los estratos con presión normal la matriz rocosa soporta el peso de los materiales sólidos (granos) de los estratos sobreyacentes y cualquier reducción en el esfuer zo soportado por la roca, origina que los fluidos dentro de - Alder of the formation of the state and all a state and a state of the state and a state a s

En este trabajo, al mencionar presión anor--

mal, se refiere a una zona con presión mayor que la normal. .noistantion se habla de lo mismo cuando se menciona: zona bajo--

compactada, sobrepresionada o geopresionada. La sobrepresión sobritano narineura se en una formación bajocompactada es la diferencia entre su ne una formación bajocompactada es la diferencia entre su ne nèidmai se le conoce también en presión real y la presión normal de la zona.

In literatura como presión de poro y puede ser:

Fresión Normal.- En términos **Eutosia de adu noi as 1**6n buitemuntura ejercida por una columna de agua (80 000 ppa desq'altaesentes Sorbabino iog terrer sclugidad de la forma---

ra vencer la presión de formación y la resistencia de la -roca.

Proct a sector - ver definición, en li saracteriza

El grado de resistencia que ofrece una forma ción a su fracturamiento depende de la solidéz o cohesión de la roca y de los esfuerzos de compresión a los que está some tida. Las formaciones superficiales únicamente ofrecen la resistencia originada por la cohesión de la roca, pero a medida que aumenta la profundidad se añaden a la anterior los esfuerzos de compresión de la sobrecarga de las formaciones. La primera, rara vez asciende a más de unas decenas de kilogramos por centimetro cuadrado y se ha observado, en la práctica, que la roca generalmente se rompe a presiones inferiores a la presión teórica de sobrecarga.

proceso de Compacitação de Com

FIG (A.III)EPRESENTACION ESCUE**IGA** ITA DAE HANGEST DE COMPACTACION REFRODUCIDO EN UN TANUDE

Si se aplica presión estando la válvula ce-rrada, la carga ejercida por el pistón es soportada totalmen te por el fluido, aumentando su presión. Esto se debe a que el agua es menos compresible que la roca no consolidada.

Por	tanto:	$F = \Lambda p_f = AS$	(II.5)
	E 11 E		diffusion for the family of
		$p = S \cdot Y \sigma = 0$	

grands por continetro cuadrado y se ha observado, en la prác tica, que la roca generalmente se rompe a presiones inferiores a la presión tobrica de sobrecarga.



FIG. II. IFEREPRESENTACION ESQUEMATICA DEL PROCESO DE COMPACTACION REPRODUCIDO EN UN TANQUE

di e entre presión estamos la vilvela como

Si la válvula se abre, se drena un cierto vo lumen de agua y a medida que ésto sucede desciende el pistón, compactando el material rocoso no-consolidado. De esta mane ra, la presión soportada por los granos aumenta al ir disminuyendo la presión del fluido, hasta que toda la carga es soportada únicamente por los granos de roca. El material ro coso no sufre una compactación posterior, a menos que aumente la carga ejercida pon al pistén d'in des processes de compactación sedimentaria, la carga ejercida por la roca y los (ofluidos en los espacios intersticiales, (es-anilogo a la carga aplicada por el pistón en el experimento indicado.

La comparación de la ecuación (II.4) con la actraulas aol rebnerqmoo eb otiaôgorg le noo ecuación (II.10), muestra que la suma de los dos primeros neiupia asl natneserg es asbanoisergosg aanoz ne astnetaixe términos es igual a la presión soportada por la roca. Cuando se tionen condiciones anormales, la presión soportada por la roca puede calcularse con las ecuaciones:

(II.II)
$$\sigma = \mathbf{S} - \mathbf{p}_{\mathbf{f}} = \begin{bmatrix} (\mathbf{Q} - 1) - \mathbf{p}_{\mathbf{g}} \mathbf{G} & (\mathbf{Q} - 1) \end{bmatrix} = 0$$

$$\sigma = \mathbf{S} - \mathbf{p}_{\mathbf{f}} = \begin{bmatrix} (\mathbf{1} - \mathbf{y}) \mathbf{p}_{\mathbf{R}} \mathbf{g} + \mathbf{y} \mathbf{p}_{\mathbf{f}} \mathbf{g} \end{bmatrix} \mathbf{D} - \mathbf{p}_{\mathbf{f}} \quad (\mathbf{II.6})$$

$$(\mathbf{II.1}) = 0 \quad [\mathbf{p}_{\mathbf{g}} \mathbf{G} + \mathbf{G}_{\mathbf{g}} \mathbf{G} & (\mathbf{N} - 1)] = 0$$

poniendo la ecuación (II.3) de la siguiente forma:

$$S = \left[(1 - \emptyset) \rho_R g + \emptyset \rho_f g \right] D - p_f + p_f$$
(II.7)

Considerando que existe una presión anormal, la presión del fluido puede expresarse de la siguiente manera:

$$\mathbf{p}_{fa} = \mathbf{p}_{H} + \mathbf{p}_{ex} \tag{II.8}$$

Sustituyendo la ecuación (II.8) en (II.7) se tiene:

1. X.1

$$S = \left[(1 - \emptyset) \rho_R g + \emptyset \rho_f g \right] D - p_H - p_{ex} + p_f$$
 (II.9)

te la car**garittroit in nois la cargarit de la cargaritte parte de la cargaritte de la cargarit de la cargarita, la carga ejercida por la roca y los (otlatios en tos espacies proventato, la cargaritte espacies proventato, la cargarita en el experimento indicado.**

al comparación de la ecuación (II.4) con la Con el propósito de comprender los esfuerzos
Con el propósito de comprender los esfuerzos
astatentes en zonas geopresionadas se presentan las siguienastatentes en zonas geopresionadas se presentan las siguientéa contar a posticas. A partir de las ecuaciones ob roca esta esta por el mate(II.3) y (II.4) se obtiene la presión soportada por el mate-

rist rocoso de la siguiente manera:

(11.11)
$$\sigma = \left[\begin{array}{c} \sigma = \left(1 - \varphi \right) \rho_R q - \left(1 - \varphi \right) \rho_R q - \left(\varphi - 1 \right) \right]_R q - \left[\left(1 - \varphi \right) \rho_R q + \varphi \rho_R$$

Donde: $p_{fg} = \frac{q + q - q}{termino} de flotación.$

Ambas ecuaciones dan la misma respuesta y -muestran como la densidad de la sobrecarga es corregida porefectos de flotación, según el principio de Arguímedes.

111 8.

II.2. ORIGEN DE LAS PRESIONES ANORMALES.

las presiones anormales en las formaciones; pero casi siem--

noipenideo, anu apelavera, theibutate patentical the total and anon. <u>neinpis</u> and neveloni as sometroperionet and and and a some a so

1.- Un Nivel Pieronstrico del Fluido del ab stron

2.- Las Características del Sistema Roca-Fluidos.

JANOIRIE MORA Sedimentación y Ambiente de Depósito.

4.- Actividad Tectónica.

OHAIZENES de Diagenesis.

6.4

Represionamiento o Recarga.

(A) no^q no^q HOIZER FENOMENOS Osmóticos y de Filtración.

8.- Efectos Termodinámicos.

THE BULK PERSONAL THE PART OF MALL PRESENCE PORT OF AT SEL SECONSTRATO REGIONAL DEL FLUIDO

1.- Nivel Piezométrico de Fluido.

Cuando una capa porosa y permeable, aflora y está confinada por estratos impermeables, como se muestra en la Fig. II.2, el fluido alcanza un mayor nivel piezométricoregional. Este nivel puede ser un parámetro causante de geo ¹⁰ presión, la cual se manificata al perforar un poro artesiano.
¹⁰ En estos sistemas las sobrepresiones resultantes van de pe--queñas a moderadas; sin embargo, algunas veces llegan a ser-considerables, tales como las encontradas en la cuenca del -norte de Dakousien Batados: Unidos llevin en ---

2.- Las Características del Sistema Roca-Fluidos.



FIG. II. 2.- PRESION ANORMAL ORIGINADA POR UN NIVEL PIEZOMETRICO REGIONAL DEL FLUIDO.

Lookuit ob antronescale (evin -...

2.- Las Características del Sistema Roca-Fluidos.

s far stallar upper process and states and

En yacimientos cerrados, tales como formacio nes lenticulares, formaciones con grandes buzamientos y anti clinales, las sobrepresiones pueden ser generadas si una acu mulación de fluidos de baja densidad, tales como aceite y lsmugassidespleian el agua de baja densidad, tales como aceite y hidrocarburos tiene un incremento de energía corresno cal efec to de flotación del agua desplazada. La energía es más gran molos de mension del agua desplazada. La energía es más gran molos de mension del agua desplazada. La energía es más gran molos de mension del agua desplazada. La energía es más gran molos de mension del agua desplazada. La energía es más gran molos de flotación del agua desplazada. La energía es más gran molos de flotación del agua desplazada. La energía es más gran molos de mension de la gua desplazada en el nivel libre de ésta. La sobrepresión generada depende del contraste entre las densidades de los hidrocarburos y del agua desplazada, así como de la altura de la columna de los primeros. El gradiente de presión promedio de una columna de gas es 0.068 psi/ft, por lo cual, la sobrepresión en la cima de una columna de gas y agua (Fig. II.3) puede ser esti mada de la siguiente manera:

 $\Delta p_{hc} = (p_w/D - p_g/D) h$ (11.13)

FIGNERS PRESION ANORMAL ORIGINALS FOR LAS CARACTERISTICAS DEL SISTEMA ROCA-L'EBD GD ANULOS IS SAULOS AL SA STALLA E CARACTERISTICAS DEL SISTEMA

Por tanto, la presión en la cima del gas, p_hc, se obtiene sumando la presión en el contacto con la sobrepresión calculada con la ecuación anterior:

 $p_{hc} = \lambda_f (D + h) + (\lambda_w - \lambda_{hc}) h \qquad (II.14)$

Si el agua en el contacto tiene una presiónnormal, p_f, la presión en la cima de una columna de gas de

医治律检查 网络拉拉 工程 准确 法法公司 法法保证部分的 化

-17-

nes fits area

mulación de fluidos de baja densidad, tales como aceite y
lamonseldaupiebnargieñe itequiteques formationixon esta side é de flotación del agua desplazada. La energía es más gran
nòioskumunalefpareginas gementides esta desplazada. La energía es más gran
nòioskumunalefpareginas gementides esta desplazada. La energía es más gran
nivel libre de ésta. La sobrepresión generada depende del.
nivel libre de ésta. La sobrepresión generada depende del.
nivel libre de ésta. La sobrepresión generada depende del.
nivel libre de ésta. La sobrepresión generada depende del.
nivel libre de ésta. La sobrepresión generada depende del.
nivel libre de ésta. La sobrepresión generada depende del.
nivel libre de ésta. La sobrepresión generada depende del.
nivel libre de ésta. La sobrepresión generada depende del.
nivel libre de ésta. La sobrepresión generada depende del.
nivel libre de ésta. La sobrepresión generada depende del.
nivel libre de ésta. La sobrepresión generada depende del.
nivel libre de ésta. La sobrepresión generada depende del.
nivel libre de ésta. La sobrepresión generada depende del.
nivel libre de ésta. La sobrepresión generada depende del.
nivel libre de ésta. La sobrepresión generada depende del.-

por una columna de aceite es de 0.325 psi/ft por lo que la sobrepresión en la cima de una columna de aceite y agua puede ser estimada como la diferencia entre el gradiente de pre sión del agua (0.465 psi/ft) y el gradiente de presión ejercido por la columna de aceite (0.325 psi/ft), multiplicada -

por la altura en pies de la columna de aceite.

La Tabla II.2 ilustra la generación de presiones anormales en la cima de una columna de gas o aceite de -

	TABLA C		LCULO I HIDROC	DE PRESION CARBUROS Y	A DISTIN	LES PARAS DIF	BRENTES DADES	COLUMNAS	oue bie-
CASO	COLUMNA DE	R R D L C ft	(ft)	(psi/ft)		SOBREPRESION		λ _{hc} ^{NO} (psi/ft)	G 1000
ng (an bhas lir An Garaint an	GÂS	11 500 15 000 15 000	500 200 700	0-465 0-465 0-465	5,580.0 7,068.0 7,300.5	198.4 55 79.4 55 277.9 6	\$7785 \$147.4 \$5784	0.50247 0.4765 0.5052	85 9.7 9.2 9.7
A	ACEITE	11 500 15 000 15 000	500 200 700	0.465 0.465 0.465	5,580.0g 7,068.0 7,300.5g	70.0 1 70.0 9 .28.0 5 98.0	5650 0 5610 709630 739855	0.4913 0.4730 0.4932	9.5 9.1 9.5
P	GAS	11 500	500	0.75	D 2 3 3 3 9,000.02	4 6 4 6 198.5 198.5	198,5	0.79987	u 15.4
В	ACEITE	11 500	500	0.80	9,600.0	70.0	9670.0	0.408	5 16.2
2	A _g = 0.068	psi/ft,	;	A _o = 0.325	psi/ft,	dragfeure auges dre e stro-sdra h	debida 5 psi/f	breatones	F a 2004 1004 2004 2004 2004 2004 2004 2004

-19-

-

ferentes al	S. 91	12.4	n	p Ø	7 n 0 0 1. El	Caso	OCOL SU	cne pre
ones normal presiones	80 <u>₩</u> 0	ngel Beles	CONTACT.O	ofier.0	14-hid	rocarb co co co co co co	pros y	el caso
ioney debid	ge20.0	n yac Ro le di	inient Erent		gran	magnit	ind, la N L In sis	geopre
ceite-agua	y par el gi	ticu adie	arment	e en presi	los de	forme		n tan aproxi
	0	Por e	emplo	para	el c	ontgol	de un	ozo Ir
e reguiriô 2.08ag/cc)	u fl a ún	izar a pro	un glode tundida	ad de	densi 640 f	dad da 	1793 1 m) .	b/gal 🗄
a Ritm	o de,	Sedin	a a a	on y	Ambier	ite đe	Depósi	to.

Durante el proceso de sedimentación y compac tación se genera una energía potencial dentro de la roca en las formaciones sepultadas. Como resultado se tiene un flujo de fluidos intersticiales hacia zonas permeables y porosas con presión más baja, hasta que se restablece el equilibrioque prevalecía antes del depósito de nuevos estratos.

Las zonas sobrepresionadas pueden estar asociadas con períodos de rápida depositación, donde la tendencia al equilibrio hidratilico que socapaña e una compactación

normal es interrumpida por una restricción que impide la ex-

pulsión de fluidos. Esta restricción puede ser un sello con Básicamente, la diagénesis es una alteración

sistente en una zona altamente mineralizada, resultante de de los sedimentos y sus constituyentes minerales, posteriorla cementación de arenas y lutitas por sal, calcita, anhidri al depósito. El proceso de diagénesis incluye la formaciónta, etc.

de nuevos minerales, redistribución y recristalización de

las substancias en sedimentos y litificación. Varios proce-

 acs de naturaleza diferente están involucrados, cada uno decian e sonage senciasagendos sal so cineminatam y noio
 activa cuales puede contribuir a originar y mantener las sobrelos cuales puede contribuir a originar y mantener las sobrecoigôlos senstas las solutinarios de situaciones quepresiones. Se presentan a continuación dos situaciones que-

pueden syudar a original sobrepresiones.

ritmo alto de sedimentación generalmente no desarrolla sobre

presiones, si el contenido de arena en la columna es alto.

with its not happen on observations for exchangements and write source that

-- stal 4.40 Actividad Tectonica: The on Store Chepeline in the start

pipageot or sourchised one colling a neether or marinel as

at tourseleast electric on a containing of second and a second of the se

- Las sobrepresiones pueden ser el resultado - Sepurator entante entaño de lestencourán entres a la profundidad com

de fallamientos locales o regionales, plegamientos, corrimien

tos y desprendimientos laterales, represionamiento causado -

por caídas de bloques fallados, movimientos diapíricos de letretetiblo de acordo de

and consider an equilate state of the state

cia al equilibrio hidrafiloq areanization particular particular de cimpide la exnormal es interrumpida por una restricción que impide la expulsión de fluidos. Esta restricción puede ser un sello con noiserette en una sona altamente mineralizada, resultante de sistente en una sona altamente mineralizada, resultante de de ila cementación de arenas y lutitas por sal, calcita, anhidri con cio, etc.
b nóiserettación de arenas y lutitas por sal, calcita, anhidri con etc.
cia, etc.
de noiserierente nóiseretterentente de sono de la consecuencia de secuencia de secuencia de secuencia de secuencia de la consecuencia de secuencia de secuencia

las substancias en sedimentos y litificación. Varios proce-

- de naturaleza diferente están involucrados, cada uno de-- de naturaleza diferente están involucrados, cada uno de-- de naturaleza de las sobrepresiones depende en gran - los cuales puede contribuir a originar y mantener las sobregrado de la conductividad hidráulica del sistema geológico, presiones. Se presentan a continuación dos situaciones que-

pueden ayudar a originar sobrepresiones.

sinnes anorraiss os el ambiente de depósito; por ejemplo un .abitul y sanera eb saioneuces ne sisenègaid -.(a riter alto de pedimentación generalmente no desarrolla sobre

.odla se encuico el consta de obtrevnes te la decourse La diagênesis contribuye al origen de presio

nes anormales por incrementar el contenido de agua en el sis

tema. La montmorillonita, el mineral predominante en algu--

nas lutitas se altera a illita bajo condiciones de temperatu

ras y presiones elevadas que acompañan al sepultamiento. Un mandipart le una probong esconceregado de importante estado de hidratación ocurre a la profundidad co-

rrespondiente a una temperatura cercana a 221 °F, y esta --

chennes engine pointer annes, annes engenes cher et

alteración libera agua, en una cantidad aproximadamente igual

a la mitad del volumen de la montmorillonita alterada.

and the second second

Si la expulsión de este fluido se inhibe, en tonces con el contínuo enterramiento, el fluido dentro de la erdos anu esobnaren erforación en secuencias de carbonatos erdos anu esobnaren erforación en secuencias de carbonatos con presiones anormalos es bastanto pelígrosa, pues la zonade transición entre las zonas normalmente compactada y bajo-

- aruthing ab stationate is an aldaton as

j personalina encás empretral per evaporica o intitas que -

b).- Diagénesis en secuencias de carbonatos.

- Is the endedness of associate a second to secondary at

La diagénesis en secuencias de carbonatos contribuye al origen de geopresiones ya que se crean barre-ras impermeables en las secuencias porosas y permeables, reg tringiéndose la salida de los fluidos. De este modo, durante el incremento de la sobrecarga, se genera una gran ener-gía potencial en los fluidos.

gia potencial en los fluidos.

e transición entre las zonas normalmente compactada y bajo-<u>compactada puede ser</u> y comunente es, abrupta.

ción de presiones anormales no es cuantificable con preci--ridini para que otros mecanismos se involucian para inhibir 19 de carbonatos es variable, porque su permeabilidad varía ameacape de tluidos. pliamente. Por tanto, un pozo puede penetrar una secuencia-- con fluidos altamente presionados sin ninguna dificultad, -- siempre que la sección porosa sea impermeable. La porosidad en los paquetes de carbonatos es comúnente el resultado de nela diagénesis, cuando estas rocas son permeables y el agu agua-Bes libre de escapar se tiene una zona con compactación nor-mal. La permeabilidad puede ser alterada por mineralización o causas estructurales aunque usualmente las capas porosas y permeables están cubiertas por evaporitas o lutitas que actúan como membranas semi-impermeables, las evaporitas pue-Bist worth an according do carbooneos. den ser totalmente impermeables. Si la sedimentación conti-

núa, entonces el exceso de sobrecarga es soportado por el -

te application of the property of the property of the application of the second s

when a set denotes the second production will not write here the set

6.- Represionamiento.

Las presiones anormales también pueden ser generadas por recarga de fluidos dentro de la zona porosa y - netweele is a state wee needest in the first of the first of the first of the ser first of the ser is the first of the ser is the first of the fir

La energia potencial generada as igual a la onergía contenida en la zona proveedora de fluido, disminuída por la energía necesaría pa a levantarlo de una zona a otra en contra de la proveente para guitada en vencer las fuerzas de fric

anap obsuq
 anap obsuq

- estada en el mensor il flago comótico continúa heleta -

miento normal o anormalmente presionado.

b).- A través de la transferencia de agua de la forma

otull vog solutil St se se den de se de de se genera puede ser transfe de ser se genera puede ser transfe de ser transfer de ser t

La energia potencial generada es igual a la-

energia contenida en la zona proveedora de fluido, disminuida por la energia necesaria para levantarlo de una zona a otra en contra de la gravede y la energia gestada en vencer las fuerzas de fricción.

7.- Fenômenos Osnôticos y de Filtración.

Bésicamente, una presión osmótica puede gene rarse cuando dos soluciones de diferente concentración, o un solvente puro y una solución, están separados por una membra na semi-impermeable. NATA Independientemente del mecanismo por medio del cual opera la membrana semi-impermeable, el resultado final es el mismo. El flujo osmótico continúa hasta que el potencial químico es el mismo en ambos lados de la barrera.

Una representación esquemática de este proce so se muestra en la Fig. II.5. Evidencias de campo y de laboratorio muestran que las lutitas sirven como membranas --



semi-impermeables. Para una solución dada, a condiciones -ADDUMCOMOLAMA EL 11 2008031 2390 AV-3 H gil isotermicas, la presión osmótica es directamente proporcional a la diferencia de concentraciones y para una diferencia de concentraciones la presión osmótica aumenta con un incremento en la temperatura. Valores teóricos de la presión osmóti ca encontrados en laboratorio se muestran en la Fig. - -II.6.



IL 6.-VALORES TEORICOS DE LA PRESION OSMOTICA ENCONTRADOS MEDIANTE PRUEBAS DE LABORATORIO.

1.1

watche trans and we watch a Capital and the standard and the

El efecto de la temperatura sobre el agua es más pronunciado que el efecto de la presión. Considerando el incremento de temperatura y presión a una cierta profund<u>í</u> dad, el agua tiende a expanderse como respuesta al incremento de temperatura en un rítmo mayor que a comprimirse, en respuesta al incremento de presión. Dos efectos son clara--mente evidentes para el caso mencionado: primera, la densi--dad del fluido disminuye y segundo, el aumento en volumen in volucra un aumento de presión. A medida que la formación yace a mayores profundidades, por causa del depósito de nuevos estratos y la compactación continúa, el exceso de fluido dentro de los poros soporta cada vez una mayor parte de la sobrecarga, si su escape es limitado.

Varios investigadores postulan que los hidro carburos entrampados en estructuras del subsuelo están sujetas a reacciones debidas al incremento de temperatura asocia do con el continuo enterrenter. otre an estate ounitno en con ob estate en continue de la monora estate e

El efecto de la temporatura sobre el agua es mine pronunciado que el efecto de la presión. Considerando el incromento de temporatura y presión a una cierta profundi dual, el agua tiende a expandorse como respuesta al incremendual, el agua tiende a expandorse como respuesta al incremenco de temper cuesa en un rítmo mayor que a comprimirse, en respueste al incremento de presión. Dos efectos son clara-ent reficulos secorel caso rencionador primera, la densient reficulos secorel caso rencionador primera, la densient reficulos secorel caso rencionador primera, la densientente un area de presión, el amento en volumen agentente un area de conocio, el amento en volumen agentente un area de conocio, el amento en volumen agentente un area de conocio, el amento de conoción entente un area de conocio, el amento de volumen agentente un area de conocio, el amento de volumen agentente un area de conocio, el amento de volumen agentente un area de conocionador primera de la conoción entente de terres de conocionador de finito. Consecto de finito de finito.

n Alexan artika mentingan Nationale pendentarakan internasion tanun tan arket data kenologi dan data dangka kenologitar oleh manana kenala kenologi kenala tahun data dista tahun tanakan tanaka diturakan tanun dan data kenala sara data kenala sara sara sara sara sara
para la industria petrolera, no sólo el estudio de las confi guraciones estructurales od las fas facto de las confi además la configuración estratigráfica, así como la detección y evaluación de las formaciones presionadas. Los datos sísmatcos de campo pasan por procesos de filtrado con el fin de eliminar el ruido y posteriormente procesar la información y obtener secciones sísmicas como la de la Fig. III.1.

III.1. DETECCION.

Las secciones stamicas son una representación

AB ADORAL SE DEBERADA-LENEROUNE MEJOROVISIÓN de Las técnicas-"ULTITADASSENTICIPALES. BLUPRIMER: GRUPO SE CASACTERIZA-"Den Tres grupos principales. Bluprimer: grupo se casacterizaporaeloudo de las técnicas geofísicas para la detección an-"Etésede la perforación; el segundo hace uso de datos obteni--"Odos durante la perforación o muestras examinadas durante -ella y el último, de mediciones de parámetros efectuadas des pués de la perforación del pozo. Los tres grupos están bajo "O un activo estudio por grupos acádemicos e industriales, y la "O calidad de ellos: está mejorándose continuamente.

III.1.1. Métodos Aplicables Antes de la Perforación. El desarrollo y refinamiento de nuevas tócni cas en la adquisición, procesamiento e interpretación de da-

tos geofísicos, tales como los sísmicos, han hecho posible -

-31-

para la industria petrolera, no solo el estudio de las conf<u>i</u> guraciones estructurales de las rocas sedimentarias, sino además la configuración estratigráfica, así como la detección y evaluación de las formaciones presionadas. Los datos sís-29 JAMHONA 29 NOI29 H 9 30 0100729 micos de campo pasan por procesos de filtrado con el fin de eliminar el ruido y posteriormente procesar la información y obtener secciones sísmicas como la de la Fig. III.1.

TIL . L. DETECCION .

Las secciones sismicas son una representación -2de 105 cambios del producto velocidad-densidad de la roca en msel 1 subsuelo, el 2 cualo secilama impedancia bacústica. be Cuando --6 hay oun scambio en uso reflexión en la superficie sigeófonos) y -- de energia; o la babara en la superficie sigeófonos) y -- de de estas grabaciones es procesado digitalmente y presentado visualmente en - las secciones sismicas; ob association in de superficie de sector d

and a large to the termine of the terminate control to the terminate estimate balls

tienen una mayor cantidad de fluidos, tienen una menor velocidad de transmisión al sonido respecto a una zona normal; por tanto, originan reflexiones en su cima y base y dentro de ella no se observa casi ninguna reflexión debido a la homogeneidad del material*. En realidad no es fácil descubriruna zona sobrepresionada a partir del análisis de una sección sísmica a simple vista, pero existen procedimientos para de-

*Caso particular de la zona mostrada en la Fig. III.1.



FIG.III. L- SECCION SISMICA MOSTRANDO UNA ZONA CON PRESION ANORMAL

0



e b obsessorq le starte d'offevrent ed de puntos de control
e b obsessorq le starte d'offevrent est de geopresiones durante
e colter de lot ster d'antité d'antité de geopresiones durante
e courrencia de courrencia de courrencia de
e courrencia de courrencia de general, la ocurrencia de la courrencia de clavile et obstities de sufficiente para indicar, entaiser (S,THT ⁶Ipit⁹)¹⁰(abbéticit⁹)²⁰ obusaq b ortaiper o orit
e lavoile et odog¹⁰ de courrencia de sufficiente para indicar, entraiser (S,THT ⁶Ipit⁹)¹⁰ de courrencia de courrencia de clavile de courrencia de courrencia de courrencia de control de control de control de control de siguientes;

Una vez determinado el registro de pseudo-velocidades, resulta viable la detección y evaluación de las presiones anormales existentes en las formaciones.

c). - Carga supertada por el gancho al alcar la tube-

En la Fig. III.1 se marca tentativamente lacima y la base de la zona bajocompactada. La cima se mues-tra para el pozo Sitio Grande No. 1 a 1.92 segundos y el 11mite inferior a 2.86, correspondientes aproximadamente a --2400 y 3700 mbmr, respectivamente. Como puede observarse, en este caso, la zona sobrepresionada es fácilmente detectada, debido a que está asociada principalmente con arcillas,las cuales son reflejadas muy claramente.

and the standard for the standard second states

III.1.2. Métodos Aplicables Durante la Perforación.

-35-

- ab obseador is Berger of a start of a start of a processed of a superficial of a start o

> . enclosmici asl no restates estamons appleary b).- Momento de torsión aplicado a la tubería.

c).- Carga soportada por el gancho al alzar la tube--si entativanente la comparta el na ria.entativanente in a comparta el na --esum se mues.- La cime se mues.it la vinde el la compartes aponentes aponentes i company el - Presión de bombeo del lodo. -servares de company comparta de comparta el na f).- Incremento en el volumen de lodo.

g) .- Registros del lodo.

h).- Contenido de cloruros en el lodo.

and the and the second

1).- Incremento de recortes.

j).- Medida de la densidad de la lutita.

k).- Porcentaje de montmorillonita.

Se ha obroisarta fil ab difir de (senetración-

depende también de la diferencia entre la presión ejercida -

por la columna de lodo y la de la formación perforada. -neisite al natseta sup serotsat sonsum sol

mostrado que el ritmo de penetración disminuye al incrementar

se la presión hidrostática ejercida por el Lodo; debido pri-

A LA PERFORACION.

n.e, al repressionamiento de la ro- A L T E A A B L E S	Merencial y secundariame I A A A A A A A A A A A A A A A A A A A
Lodo	Condiciones Atmosféricas
ndipsz rngo d ob omili is no od -roq sbip =Contenido id e sólidos ndir -Viscosidad - an slongdelko is osoo stornjohn -Pérdida de fluido - osob -Densidad of solando - sast serovado o satur o sola	Equipo Sectors d' -Condiciones -Condiciones -Condiciones -Flexibilidad -Flexibilidad -Flexibilidad -Tiempo necesario para un viaje de ida y
-Presión de bombas -Velocidad de lodo en las boquillas de la- barrera.	Propiedades de la roca Pozo
-Ritmo de circulación -Velocidad en el espa cio anular <u>Barrena</u> -Tipo -Peso aplicado	-Problemas caracterís- ticos -Localización -Temperatura de fondo -Profundidad
Veloc idad de l a Rotaria	

Se ha observado que el sitmo de penetración-

depende también de la diferencia entre la presión ejercida -

Los muchos factores que afectan la eficien-

diferencial y secundariamente, al represionamiento de la ro-2 H H A A H H T L A H I 2 H H A H H T L A ca que aumenta su cohesión.

Condiciones Atmosféricas

<u>lodo</u>

Un incremento en el ritmo de penetración - -Equipo cuando la presión de formación se inenorique la ejercida por--Condiciones el lodo frecuentemente se interpreta como la existencia de -Hatus i tas riblinguist acuna czona con presión anormal, cuando en realidad se debe a un visite de ida y --. un cambio de litología de arena a lutita o viceversa. Paraevitar ésto, las interpretaciones deben sustentarse en la -observación de otros puntos de control superficiales. and the instituted and 0209 . N. 1 73 1. E. C. - Tresseries association las lutitas normalmente compactadas la perforabilidad disminuye con la profundidad, debido a que su densidad aumenta por la compactación y a que al aumentar la Edical Institution of the profundidad, manteniendo constante la densidad del lodo, se incrementa la presión diferencial $(p_m - p_f)$.

entrance in our induced of

-38-

-singut al a constantinatzation alteriormente. consi-5 Garane , maisevente perforando a: 5:000 oftencontune densided -- deslodo deslosib/galien formaciones.con.un gradiente de pre-- octonodecema65soci/ftinslaspresionsdiferengialdee obtienes de v se debe a dos fenómenos que ocurren: statas diasupla allas lutitas batocompactadas son consideradas por su plasticidad--orqps1=010 1b/galax 7.481 gal x59002ftqxs 1 ft2 =: 2597.6 ps1 sion efercida por el lodo éstas tienden a disminuir el diáme tro del agujero, 120 2222 do 13 fo002 x 11/120 200.0 - q contra los lastrabarrenas. El segundo fenómono que ocurre al performi con les condicionés anteriores, consiste en una en-performi con les condicionés anteriores, consiste en una en- $p_f = p_f = 272.6$ pai trada mayor de recortas al espacio anular, los cuales tien-de a impodire el movimiento de sotación de la tubería de per udiasid al sup roasm Sis set esta perforando a 8000, ft yabajo las-Se mismas condiciones anteriores, resulta en una presión dife--

Fig. III.3 se concluye que al mantener constante la densi-dad del lodo disminuye el ritmo de perforación. En las zo-nas anormalmente compactadas, es decir que contienen fluidos a alta presión, la perforación se hace rápida por la disminu ción de la presión diferencial y a la alta porosidad de la roca (baja densidad).

b).- Momento de torsión aplicado a la tubería.

- 39-

-sliedut al a obsoliges and asblothenen arteriormente, consi-- baumenta gradualmente 000n respecto arla profundidad, adabido a -Siguébes Jacyos al nontactonefectivo astrontubes lasy equiero. -- olrotodesla 495a4594fotneansesta Salisfotestéelde Shine de y se debe a dos fenómenos que ocurren: dentro deteposo: si Las lutitas bajocompactadas son consideradas por su plasticidad-sión ejercida por el lodo éstas tienden a disminuir el diáme tro del agujero, aumentando la fricción principalmente con-El segundo fenómeno que ocurre al tra los lastrabarrenas. perforar con las condiciones anteriores, consiste en una entrada mayor de recortes al espacio anular, los cuales tien-den a impedir el movimiento de rotación de la tubería de per - 35 foración: "Si⁰las presión: de formación: es: menor que la presión notarán cambios en el par aplicado.

de control superficial se usa fre
cuentemente para confirmar la presencia de geopresiones, acu
sadas por otros puntos de control. Un incremento en el mo-mento de torsión puede interpretarse como una formación con
alta presión, cuando en realidad puede ser debido a una rotu
ra de tubería, a un cono atorado de la barrena o a una fugagrande en las conecciones de la tubería de perforación e in-

addressed as a character addressed on a theman -. 4

mento de profundidad (compactación normal) o la zona e tran sición s grande, la carga se incrementa lentamente y no es notable de compactación

que la presión de formación se presenta un incomento brusco en la carca soportada por el gancho; lo por sto tampién puede per observado chando el agujero se devie oun un gran ángulo, cuando la tupería está pegada o si existenascolamientos de gran diámetro y una goo cancidad de recortes en el aguje to.

SI + 8 + 4 + 0 - 1902 gual que es a caso -Por **JADMEN 310 WOIZ 339** igual que es a caso -(in 4000), (19-59), la carga so ortida porsi la carga so ortida porsi la carga so ortida por-



- "ghan ghành aite an thaile

c).- Carga soportada por el gancho al alzar la tubería.

an order in administration by see on the

Cuando la bomba está cerrada y la tubería es levantada a través del agujero, la carga soportada por el gancho puede ser medida en la superficie. Si el incrementoen la presión de formación es pequeño con respecto al incremento de profundidad (compactación normal) o la zona de tran sición es grande, la carga se incrementa lentamente y no notable de comección a conección

St la presión ejercida por el lodo es menorque la presión de formación se presenta un incremento brusco en la carga soportada por el gancho; pero sto tambien puede ser observado cuando el agujero se desvía con jun gran ángulo, cuando la tubería está pegada o si existenuacoplamientos 08 5 de gran diametro y una gran cantidad de recortes en el aguje 04 Q

+ 12 Por estas razones al igual que en el caso del momento de torsión, el cambio en la carga soportada porel gancho no es suficiente por sí mismo para garantizar la -EXISTENCIA DE RELEVENTA DE PENETRACION CON existencia de 29000 000 PESSIONES anormales

d).- Exponentes "d" y "d.".

ro.

edus el ansie le edución le registrator el alzar la tube-

Como se indicó anteriormente, el ritmo de

penetración no es, por sí mismo, capaz de indicar con certeza una zona sobrepresionada, debido a los muchos factores 1403 C.L. (Considerando que las propiedados de que pueden alterarlo. THE REPORT OF L las rocas y las condiciones de perforación permanecen cons--1010111001 tantes, una gráfica del ritmo de penetración contra profundi Esta ecuación después de un adecuado manejo eq al eb nôicunimaib anu, lamron aicnebnet omoo, enileb bab e introducción de constantes de conversión, para su posterior on le roq abatcamociad anos anu esobnicitnebi, nôicarten uso en unidades prácticas de campo, puede expresarse como: - scillar anu .anos ate ne nóicarteneg al eb otnemus eldat

de resistividad de lutitas contra profundidad, define carac- $(N \ 00 \ N)$ pol Log (R/60 N) (Staticas similares orgono se posteriormente.

:OMOD RODINGIUSIN lembargo clasivariables; de perforación, ta les como el peso aplicado sobre la barrena, la velocidad de-(E.TIL) (E.TIL) siempre pueden mantenerse constantes, por lo que no es fácil localizar la zona anormal con fidelidad.

Donde R(ft/nr), N(rpm), N(1D), D_b(in), G(adimensional)

Jorden y Shirley propusieron un método mate-""matico para compensar la variación de varios de los parame--"""tros que influyen en el ritmo de penetración; conocido en la "industria petrolera como la técnica del exponente "d". En -

el desarrollo de esta teoría parten del modelo presentado por Bingham, el cual relaciona el ritmo de penetración con el peso aplicado sobre la barrena, así como con la velocidad y el diámetro. Además, supone que los otros parámetros que afectan a la penetración permanecen constantes, como se mues tra a continuación:

$$R/N = a (W/D_b)^d$$
(III.1)

-43-

Aundritiers available in

£1.1111 El exponente "d" varía inversamente con el ritmo de penetración, por lo que la tendencia normal para

prácticos, al ignorar el término "a", no se altera la gráfica del ritmo normalizado de penetración.

- constante adimensional para cada tipo específico de roca y tienesun significativo rango de valores. Sin embargo, la ecuación (III.3) se desarrolló para la zona de la Costa del in Golfovdonde sentienen insignificantes variaciones en las pro Despiedades de las rocas, debidas a otros fenómenos diferentes-2004a la compactación.con Los autores demostraron que para fines -

les como el peso aplicado sobre la barrena, la velocidad de-(E. III) de la sarta (ANN 00) opolel tagaño de la barrena no -Allempre pueden mantenerse constantes, por lo que no es fácil socalizar la zona anormal con fidelidad. Donde R(ft/hr), N(rpm), W(lb), D_b(in), d(adimensional)

-- ording sol of solNotegue lasecuación (III.3) no es una solu-

ni ciónfrigurosande la gcuación (III.1), el término "a" es una

de resistividad de lutitas contra profundidad, define carac-Log (R/60 N) (2.111)sticas similared 019w 100 Bateriormente.

E' d'dien pare simplificar vlas stateulos: logaritmicos como:

Jorden y Shirley propusieron un métedo mate-

otenam obsucebs nu eb abuqaeb ndicauce stal e introducción de constantes de conversión, para su posterior netración, identificándose una zona bajocompactada por el no comos saraasrqxe sbeuq, comma eb asiticard asbabinu ne oau table aumento de la penetración en esta zona. Una gráfica -

cada barrena usada en zonas normalmente compactadas es de un aumento gradual con respecto a la profundidad. El comportamiento del exponente "d" en zonas anormales es característi--< co por su disminución con respecto a la tendencia normal.

o.

0 SVE

N P

.... اید ا تک: \sim

1.33

b 0 X 0

N 12 W 0

145-1-14 7-1-1

32

*.*n

3

Debido a que el exponente "d" se ve influen-L'aciada por las variacioner en el peso del lodo, haciendo difí acil da interpretacion de la gráfica; se hiro necesaria una modificación para normalizar dicho exponente. Este parâmetro amodificado es conocido como el exponente "d_c" y se define de la siguiente manera:

 $d_{c} = d \quad (\frac{MN_{c}}{MN_{a}}) \tag{III.4}$

Las gráficas de los exponentes "d" y "d_c" contra profundidad son bastante similares, pero en esta ltima, la zona bajocompactada se manifiesta con más claridad como se observa en la Fig. III.4.

Jorden y Shirley presentan en su trabajo un nomograma muy útil, para encontrar el exponente "d", cuandose conocen todos los parámetros del que es función. En el -Apéndice A se presentan dos Programas uno de ellos para calculadoras TI-58 ó 59 y otro para HP-41C que pueden usarse para calcular los exponentes "d" y "d_c".

-45-



-46-

El efecto de "il "Ileologia sobre el ritmo de-

- 0081

penetración puede dificultar le interpretación del exponente "d'; por lo tanto, cuando se tiese sigún conocimiento de lalicología del área, debe usarse perior apoyar las interpreta--ciones derivadas del exponente. Et tos cambios en el peso -sobre la barrena, velocidad de toración, tipo y medida de la barrena, son reducidos al minuto de fectividad en el método del exponente "d." a aporte gamemente.

Las desvente de concluso de les exponentes-"d' como puntos de control superficiales son: Los calculosdeben ejecutarse cada 10 ft y ceden ser representados grafi camente, no se consideran todos los parametros que afectan el ritmo de penetración y la construcción de la grafica consume bastante tiempo, por lo que algunos otros puntos de control, superficial pueden dar resultados más rápidos en la detección de zonas bajocompactadas.

En la Fig. III.5 se muestra una gráfica del exponente "d" contra profundidad, en la cual una zona anor-malmente presionada es detectada con gran claridad, notese que las tendencias de compactación normal son trazadas para cada barrena en especial: Esto es debido a que el exponente "d" no considera el desgaste.

1.1 第二人のもくもにも、ビデビートメトし報任物でも「よ」のGGF 行為「LA FROF (14) に行みし したたいたいたいないなんで、「そんではない」の「「A」、「GGF 行為」、「GGF 行為」、「A」、「GFF (14) に行んし、 したたいたいたいたいないなんで、「GFF (14) ・ GEF (14) ・





().- Incremento en el volumen de lodo.

reste ebeug, codecd eb nôiserg al obnevrezdo Cuando se perfora una zona de presión anoroinarse indirectamente la entrada de fluidos de las formacio mal con un lodo de baja densidad, se origina un flujo de Lamons noiserq nos snot snu rarofreq la ,ozoq le siste en un - obsliptv rea incremento en el volumen de lodo, que puede -ofreq eb estamon sencipiono ne sadmod sal constantemente con un detector de nivel de fluido en las pre ración proporcionan la energía necesaria para vencer las fuer sas de lodo. zas de fricción que se oponen al movimiento del lodo en las tuberlas y dentro del agujero. zotrav a obanua, onemonet este rafeebus iA cambies en otros puntos de control superficiales, se edebe La entrada de fluidos de menor densidad queparar la bombo de lodo, levantar la barrana unos cuantos me-La del lodo en el espacio anular, reduce la ne obol leb al introsta presen entonces se confirma la presen tica fuera de la tubería de perforación, presentándose un chemolecrycor neur nam ob als

efecto de tubo en "u", el cual se manifiesta inmediatamentecomo una disminución de la presión en el manómetro de salida de la bomba, acompañada con un aumento de presión en el lodo que sale del pozo.

- adjoided at the close schol of addition of star

appart in any longers' concerns there all

-- consideración que este efecto se presenta solamente si se esta perforando la zona con una densidad de lodo menor que la densidad equivalente a la presión de formación.

Este punto de control superficial es de gran utilidad ya que muestra indirectamente, sin ningún tiempo de atraso, la cima de la zona sobrepresionada.

c).- Presión de bombeo del Lodo.

Observando la presión de bombeo, puede deter Cuando se perfora una zona de presión anor-

minarse indirectamente la entrada de fluidos de las formacio

nes hagia el pozo, al perforar una zona con presión anormal.

incremento en el volumen de lodo, que puede ser vigilado --originales de perfo-constantemente con un detector de nuel de fluido en las pre ración proporcionan la energía necesaria para vencer las fuer sas de lodo.

ras de fricción que se oponen al movimiento del lodo en las

subérias y dentro del aquiero. Al suceder este fenómeno, aunado a varios

cambios en otros puntos de control superficiales, se debe -aup de local de menor de solution de menor densidad que-parar la bomba de lodo, levantar la barrena unos cuantos me-

La del lodo en el espacio anular, reduce la presión hidrosta nesera al amainos se conorne, supicora ojult le iz y cort

vica faera de la tubería de perforación, presentíadose un cia de una zona geopresionada.

efecto de tubo en "a", el cual se manificeta inacciatamentecomo una disminución no la presión en el manômetro de salt-

g).- Registros del lodo.

a Near I'sh Gibs only dien.

Los registros de lodo incluyen la medición -

- de su contenido de gas natural : Cuando de las formaciones ---

atravezadas (contionen gas) y la 2 presión ejercida por lel -

1000 no es suficiente para evitar el flujo de gas de las formaciones, entonces el gas se incorpora al lodo y se mantie ne en suspensión coloidal. La incorporación del gas al lodo puede ocurrir durante períodos de no circulación en los cuales disminuye la presión efectiva ejercida por el lodo. Cuan and a meral management of the second se

do se està circulando, la presión soportada por las formacio nes as mayor que foundo de enduentra setàtico, debido de la suspensión de lodo recente es renovido de la suspensión -coloidal por la formación de un vacío en la muestra analizada. Se recomienda efectuar un muestreo contínuo del conteni

do de gas durante las operaciones de perforación. Cuando la barrena entra a la zona de transi-

ción y la presión efectiva ejercida por el lodo es menor que la de formación, se incrementa el ritmo de penetración como - el na de formación, se incrementa el ritmo de penetración como - el na la de formación, se incrementa el ritmo de penetración como - el na la dicó anteriormente. Esta variación en el ritmo de pese indicó anteriormente. Esta variación en el ritmo de penetración causa un importante aumento en la cantidad y el ta - e arrol ne atesitica de intita que deben aer levantados a la - e arrol ne los recortes de intita que deben aer levantados a la superficie. Un incremento de los recortes depende de tressuperficie. Un incremento de los recortes depende de tres-

bajocompactada.

Cuando se usa un lodo base agua, el flujo de agua salada de la formación hacia el agujero puede causar un incremento en el contenido de cloruros en el filtrado del lodo. La importancia de dicho incremento depende naturalmen te del contraste en cloruros entre el lodo y el fluido de for mación, así como de la cantidad de fluido incorporado a la - do se està circulando, la presión soportada por las formacio - nesetupary debi soptimpilo de opulesanei restitado por las formacio almeuporonnan se oboli de requiere una técnica para extracadirenti des en el lodo se requiere una técnica para extracadirante que medirio. El gas comúnmente es removido de la suspensión. -coloidal por la formación de un vacio en la muestra analizada. Se recomienda efectuar un muestreo contínuo del conteni do de gas durante las operaciones de perforación.

ción y la presión efectiva ejercida por el lodo es menor que Un incremento en contenido de gas entre coomo nocción y conección puede indicar un aumento gradual en la nección y conección puede indicar un aumento gradual en la - nección y conección puede indicar un aumento gradual en la - presión de formación. El gas liberado por la roca perforada presión de formación. El gas liberado por la roca perforada so le ha ilamado gas de conección y se manifiesta en forma a a la colchón, mientras que si existe flujo de gas desde la for exert est a banego setrocer a contente de das conecta en forma de colchón, mientras que si existe flujo de gas desde la for exación, se manificada en forma contínua, indicando una zona-

factores:

. Abr. 20 Signata (a. S. S.

1) La importancia de la longitud del agujero per .obol lo na scremelo ob optiminos e. (a forado abajo del punto de balance de las pre-

siones hidrostáticas de lodo y de formación. Eucado do lodo base agua, el flujo de

nu neares obsuq sigupe la clori adioesnal al of spelca con-2) La magnitud de la presión diferencial en el -4 dob chartili de no pormoto de constant de management agujero.

destination of anyor obromorous and in a commence of the

3) La magnitud del incremento en el ritmo de pesul consideración.

11-

Los recortes de lutita en zonas normales son 2) Deberán hacerse lecturas repetidas para concon lamona anoz anu ne sup santaine, sobashober y soñsupeq firmar una lectura de baja densidad de lutita. man formas aña gandas con aristas afiladas.

3) La densidad de la lutita se decrementa por .stitul al ob pabianab al pabianab al pabiana se decrementa por

-BRENDE DE BERNDE UNE MINISTRUCTURE de la lutitano hes consiste en médif le densidad de los recortes de la lutitaen la superficie. Algunos investigadores han indicado que la densidad de los recortes pueden dar signos definitivos de -ssluolitar anormales. Una tendencia de compactación normal presiones anormales. Una tendencia de compactación normal -- 100 201 ob bablanob al apropueden da graficación de densidad de lutita contra profundidad.

Un quiebre de la compactación normal hacia -

valores más bajos indica una formación bajocompactada, esto-

auge of notioned of the set of th

Los recortes de lutita en zonas normales son -nos **araq sabiteqer sarutosi esrecad nàreded (S** pequeños y redondeados, mientras que en una zona anormal to-.stitul eb babianeb ațad eb arutosi anu ramit man formas planas más grandes con aristas afiladas.

3) La densidad de la lutita se decrementa por -

-anera eb zañeupeq, pepabliznagi eb caline zarque 16(2 de geopresionoiseron el cel con rectar per se la lutitanession el la superficie. Algunes in estero, en indicado que en la superficie. Algunes in estero, en indicado que la densidad de los recortes pueden dar signos definitivos de presiones anormales. Una cendencia de compacten normal tion o sol eb babianeb al atomerce por la graficación normal tiono que ser establecida por la graficación de densidad de la tione que ser establecida por la graficación de densidad de latita contra profundidad.

- sload ik) tes Porcentajende montmorillonita.

valores más bajos (máfez una formación bajacompactado, esto-

La montmorillonită es una arcilla caracterizada por una gran capacidad de absorción y adsorción de agua notre de caracteria de caracteria y cationes en sus espacios intermicelares. Esto causa que -

tales arcillas sean de mayor porosidad y menor densidad respecto de los otros tipos de arcilla. En consecuencia la pre sencia de tales tipos de arcillas en grandes cantidades, en arenas (dispersas o interestratificadas) obstaculiza la compactación de las arenas debido a que tienden a ocupar mayorvolumen, y en consecuencia se puede decir que arcillas de ti Los recortes de lutita en zonas normales son -nos sraq sabiteger sarutsel esresan nareded (S pequeños y redondeados, mientras que en una zona anormal totoman formas planas más grandes con aristas afiladas.

3) La densidad de la lutita se decrementa por -

una excesiva expericionsia un lodo base agua.

-aners eb zañeupeqin**ephabitneo: eb calche sere al** 6(2 de geopresionoisarroj el ceber el poir e para al calche de la lutitanois consister el calche poir e para al calche de la lutitaen la superificie. Algunos recortes pueden dar signos definitivos de la densidad de los recortes pueden dar signos definitivos de presiones anormales. Una cendencia de compactación normal eros zol eb babianeb al super la graficación de densidad de licena que ser establecida por la graficación de densidad de licena que ser establecida por la graficación de densidad de la trena que ser establecida por la graficación de densidad de la trena contra profundidad.

- siped 1k):-s Porcentajes de montmorillonita.

survey his bayed thills and formación bajocompactada, caro-

La montmorillonita es una arcilla caracteri-

zada por una gran capacidad de absorción y adsorción de agua y cationes en sus espacios intermicelares. Esto causa que tales arcillas sean de mayor porosidad y menor densidad respecto de los otros tipos de arcilla. En consecuencia la pre sencia de tales tipos de arcillas en grandes cantidades, en arenas (dispersas o interestratificadas) obstaculiza la compactación de las arenas debido a que tienden a ocupar mayorvolumen, y en consecuencia se puede decir que arcillas de ti

at it as

<u>otad sanos na satnasarq ratas a nobnait coltinollirontnon oq</u> dad, de las características de las formaciones atravezadas . sabatzagnoz

por el pozo.

Estadísticamente se ha observado que a mayo

Debido a que los estratos lutíticos son nota res profibili oqii leb res dos procesos de compactación, éstos han alla cual esta caracterista alos procesos de compactación, éstos han alla cual esta caracterista de non consecuente estos estas la cual alla detección y construcción entretical estos avuda en la detección y construcción entretical estos de cuando el aqua intersticial es lidera que interstical estos. Cuando el aqua intersticial es lidera perfilos da presión. Cuando el aqua intersticial es norde compactación destinates entretado a consecuente norde compactación de las compactaciones norde compactación de las compactaciones norto de compactación de las compactacion de las lutitas esmales en las formaciones, la compactación de las lutitas esto de compactación de la profundidad. Por tanto, a mayo cinates es estos estes encorramiento, es mayor el grado de com pactación y mayor la densidad que exhiben. pactación y mayor la densidad que exhiben.

- sea rocas lutiticas con presiones mayores -Este punto de control es frecuentemente usa-- au server la forte de una porosidad mayor que la de una do para continar las porosidad mayor que la de una do para confirmar las masmas de coros puntos de control.

cobiul? eb bublicar royan nu destrince cup obideb diamon el eoriom**ili.1.3. Métodos Aplicables Después de la Perforación.** Reportad el eb controto y nóroactades el a sectione model.

- Incimientas para la detección como para la estimación de las zonas -

con presiones anormales, son aquellas que utilizan los datos

obtenidos de los registros geofísicos de explotación, en los cuales se graba información de la variación, con la profundi

that even characters and a stre55-

po montmorillonítico tiendon a estar presentes en zonas bajo - asbasevaria aenoicamrol así eb ascitalrettaras así eb , bab compactadas.

por el pozo.

Estadísticamente se ha observado que a mayo <u>aton</u> noz zoliliul zotarize zol zup a obiego res profundidades, la arcilla presente, es del tipo illítico, nad zota andidades, la arcilla presente, es del tipo illítico, la cual esta caracterizada por no absorber y/o adsorber aguaen sus espacios intermiscelares. Por lo antorior, se consi-<u>-il se la montmorillonita se transforma a illita por efec-</u> <u>-il se la montmorillonita se transforma a illita por efec-</u> <u>-il se compactación, deshidratación e intercamulo catterione</u>. <u>to de compactación, deshidratación e intercamulo catterione</u> <u>Así pués hay sustentación teorica para estableder que fasmar</u> <u>cillas presentes on zonas sobrepresionadas son dreg ciponit</u> <u>cillas presentes on zonas sobrepresionadas son dreg ciponit</u> <u>morillonítico; esto ha sido comprobace en cietos das sendont</u> <u>morillonítico; esto ha sido comprobace en cietos das sendentes das mont</u> <u>morillonítico; esto ha sido comprobace en cietos das sendentes dara</u> <u>morillonítico; esto ha sido comprobace en cietos das son dente</u> <u>morillonítico; esto ha sido comprobace en cietos dasorga esa</u> <u>pero tumbién so han encontrado excepciones.</u>

> III.1.3.1. Detección a partir de datos de resistividad y/o conductividad.

La medición de esta propiedad se logra median te un sistema de bobinas, una receptora y una emisora que acopladas en una sonda son introducidas en el pozo. La bobina emisora esta alimentada por una corriente oscilatoria que gene ra un campo electromagnético, el cual induce en el terreno corrientes electricas que circulan como anillos coaxiales al eje de la sonda

JAN Stan Beerrientes, a su vez, generan su pro--HOJDAYDA9NOD 30 pio campo magnético e inducen una señal o fuerza delectromotriz en la bobina receptora cuya intensidad es proporcional a la conductividad de las formaciones.

51 22

ANOS

SOBRECOMPACTADA

Se conoce que la resistividad (inverso de la conductividad) es función de verios factores, tales como, poro sidad, temperatura, contenido de sales en el fluido, saturación y composición mineralógica, entre los más importantes, pero que en los estratos lutíticos, es función principalmente de la porosidad; y Tdebido a que la porosidad es una respuesta de las formaciones a los procesos de compactación, las medidas de resistividad y/o conductividad reflejan en cierto modo, la pre-sión en los poros de la lutita.

La Fig. III.6 presenta el comportamiento $t\underline{1}$ pico de registividad de lutitas con la profundidad. Como ge observa una zona sobrepresionada se ve reflejada por la digmiLa medición de esta propiedad se logra median te un sistema de bobinas, una receptora y una emisora que acopladas en una sonda son introducidas en el pozo. La bobina emisora esta alimentada por una corriente oscilatoria que gene ra un campo electromagnético, el cual induce en el terreno cotrientes electricas que circulan como anillos conxiales al eje de la sonda

pio campo m.gnético e inducen ana senal o fuerza electromotriz en la bobine receptora cuya latensidad es proportical a la conductivid d de las formaciques.

So condetivited in resistividad inverso de la condetivited (inverso de la condetivited) es función nos factades tiles como, poro poro setaración composicion minoritón control de sales en ci til nio, saturación e composicion minoritón de sales en ci til nio, saturación e composicion minoritón de sales en ci til nio, saturación e composicion minoritón minoritón con control de la composicion minoritón control de sales en ci til nio, saturación e composicion minoritón control de sales en ci til nio, saturación e composicion minoritón de sales en ci til nio, saturación e composicion minoritón control de sales en ci til nio, saturación (a sa i los estrates intiticados en ci til nico so control de sales en ci til control de sales en ci til nico so control de sales en ci til nico so

and the set we are the and the state

SOBRECOMPACTAD

the state of the state of the state of the state of the

MIDBOS TATICA

antes a a sub-statist is fettled on the protection. Como al so

nución de la resistividad en esta parte de la gráfica con respecto a la tendencia normal. Esta disminución se debe al valor anormal de porosidad que so presenta. Una zona con presiones menores que la normalo hidrostátida, así como una impregnada con hidrocarburos, se caracteriza sobre teta gráfica por un aumento en la resistividad, tal como el corres-pondiente a una zona sobrecompactada. Este comportamiento para una zona sobrecompactada se cabe a la cantidad tan peque na de poros que exhibe; mientras que para una zona con presio nes subnormales es debida a la saturación y gara va zona im pregnada de hidrocarburos a que estos son altamenge resistivos al paso de la corriente.

La Fig. IF5.7, del mismo modo que la anterior, presenta la respuesta de los datos de conductividad con respecto a la profundidad. La entrada de la zona anormal sobre esta gráfica se muestra a una profundidad aproximada de - -8 000 ft y se caracteriza por el notable incremento de laconductividad en esta zona. En esta gráfica la presencia de una zona sobrecompactada, con presiones subnormales, y/o impregnada de hidrocarburos sería notable por la disminución de la conductividad de las lutitas.

15 1000 2000 4000 1000 1000

Los comportamientos típicos que presentan la

61

res**istividad** y:conductividad en sonas anormales también pue-ACAMO1238938802 AMOXAMO M3 den ser originados por formaciones impregnadas de agua con -

A118 -

alto contenido de sales minerales.

nución de la reaistividad en esta parte de la gráfica con respecto a la tendencia normal. Esta disminución se debe al valor anormal de porosidad que se presenta. Una zona con presiones menores que la normale phidrostática, así como una impregnada con hidrocarburos, se aracteriza sobre ésta grática por un aumento en la resistividad, tal como el corres-pondiente a una zona sobrecompacteda. Este comportamiento para una zona sobrecompacteda se abe a la cantidad tan peque na de poros que exhibe; mientras que para una zona con presio nes subnormales es debida a la saturación y para da zona im pregnada de hidrocarburos a que fetos son altamende resistipresenta de poros que exhibe; mientras que fetos son altamende resisti-

La Fig. IF 2, del mismo modo que la anterior, presenta la respuesta de la datos de conductivid d con resporto a la profundidar. La entrada de la zona anormal sobre cata gráfico se mester a una profunditad coroxingda de - -206 it y de coracterità por el notable incremento de lasociacitvidad en esta zona. En rata gráfici la procencia de una zona àobrecompactada, con presiones subblester la disminución capregnadi de hidrocarburco cerfa notable por la disminución



a required automotify brancherschapped

EN UNA ZON A SOBREPRESIONADA.

- 1. -

• ob sotab ob titrag a môlocoted .2.6.1.111
• babisorog v otisnart ob ognoti
• babisorog v otisnart ob ognoti
• tránsito de lutitas con la profundidad muestra una tendencia
• 20as la Soltenbos elevitansi 60 sobientane con respecto a la ten
• Quastias ofiendos elevitansi 60 sobientane conclustat mayor de
• Quastias ofiendos elevitansi 60 sobientane conclustat mayor de
• Quastias ofiendos elevitansi 60 sobientane conclustat mayor de
• Quastias ofiendos elevitansi 60 sobientane conclustat mayor de
• Quastias ofiendos elevitansi 60 sobientane conclustat mayor de
• Quastias ofiendos elevitansi 60 sobientane conclustat mayor de
• Quastias of elevitation elevitation of the conclustation of the conclustation of the conclust of the concl

tro sónico de porosidad consta de una sonda de material ais-<u>lante</u> acústico, de dos transmisores de ondas acústicas y cua <u>atro receptores. El Los transmisores y receptores son de transduc</u> <u>tores de electroacústicos, es decir que convierten energía</u> eléctrica en energía acústica y viceversa. El objetivo es medir el tiempo, At, que tarda la onda acústica en recorrer, en la formación, una distancia igual a la separación entre -<u>electros.</u> La velocidad de la onda acústica depende de la composición mineralógica de la formación, así como de su po-

rosidad y fluido que la satura. Se ha observado que la mayor velocidad de transmisión de la onda acústica se tiene en

adhaphen na si rog destina ou adhinad old. materiales densos, tales como rocas de baja porosidad y velo amos fruto al abbae of no destruct a liberatura ou destructura cidades mas bajas en materiales con menor densidad tales como colad formenal barroclov collet comentaria oderes admontation rocas impregnadas de gas y/o con alta porosidad.

. . d -

tinuamente emite neutrones a alta velocidad (energía). Estos

 $\frac{1}{2} \frac{\partial q}{\partial t} = \frac{\partial q}{\partial t} \frac{\partial q}$

composición minerológica de la formación, así como de sa co-

o bien a través del registro de Rayos Gamma-Neutrón.

2290°de°licertidumbre; deberapoyarse la literpretación condatos de perforación u otra técnica de detección, tal como la de resistividad en la cual se puede notar un notable aumen tolen una zona zampregnada de hidrocarburos: -eta la consta de una sonda de material ate esta la consta de una sonda de material ate sta consta consta de una sonda de consta de una sonda de material consta de consta de una sonda de material ate sta consta consta de una sonda de consta d

Una gráfica semilogarítmica de tiempos de -beblicoroq v dizahi eb oqueli tránsito de lutitas con la profundidad muestra una tendencia lineal a disminuir, Fig. III.8. En las sonas sobrepresiona-Qasi los tiampos de tránsito à dumentan con respecto a la ten odaneia nosmal, debido a que contienen una cantidad mayor de Qaspacios poroses, aunque una zona contienen una cantidad mayor de Sespacios poroses, aunque una zona compitada de gas tambiénservienes mostrar este tipo de comportaniento, ya que el babiso de -demana densidade mucho menor que al sub aportaniento, ya que el babiso de Otropo de contertidumbre, debe apoyarse banando este contertador de Direpo de contertidumbre, debe apoyarse con a la terrer da de conterte da sector de datos de perforación u otra técnica de detección, tal como la de resistividad en la cual se puede notar un notable aumen

III.1.3.2. Detección a partir de datos de -



2

-63-



-64-

neutrones chocan contra las molêculas de la formación pention sous de creasion la contra las molêculas de la formación pention normanization la contra las molêculas de la formación pention igual masa ocurre una pérdida mayor, como el hidrógeno por -29 ejemplenoni. El hidrógeno ses labielamento de mayor importancia sommen entres de classformación, billouralmente el las formaciones eporosas están llenas de aceite, gas, o de agua, compuestos que y somtiemen hidrógeno; por elorque classformation de hidrógeno pre melemente en unio dormación de classformación pre pelemente en unio dormación de classformación pre pelemente en unio dormación de classformation de hidrógeno pre melemente en unio dormación de classformation de hidrógeno pre melemente en unio dormación de classoure neutrón ipueden sequipar sons están llenas de aceite, las relación entre des respuesta de las courve meutrón 52 poros idad uni determina contributado de la sonda en formaciones de porosidad conocida.

La densidad normalmente aumenta con la pro--

den ser evaluadas con la ayuda del registro des densidados

Anorenetali lameIII.1.3.3.; Detección a partir de datos de al observatores leidos de de la dela de la dela valores más bajos de la de la dela de la dela debaracia normal debido de vie tienen ana mayor porosidad, vorgeges (babeigorg base de noisiber de la debaración de la debaracia normal debido de la debaración debaración de la debaración debaración de la debaración debar

101.111 LOLY 11 FO

-65-

- 15 14 --
neutrones chocan contra las moléculas de la formación perden . acyar a diversión a diversión de diversión de diversión a de diversión a de diversión a de diversión de diversi

sonda en formaciones de porosidad conocida.

La densidad normalmente aumenta con la pro-purfundidad debido sauque las formaciones entre más profundas sonomás compactas alpor las source ni nor estautoro rea nob

Las zonas con presión anormal distorsionan los valores leídos de densidad hacia valores más bajos de la tendencia normal debido a que tienen una mayor porosidad, aunque deto también puede suceder con formaciones impregna-das de gas. Los datos de densidad pueden ser graficados sobre escalas normales y/o semilogarítmicas, para ilustrar ambos resultados, ambas gráficas se muestran para un mismo pozo en la Fig. III.10.

-66-

1. 28 -

III.1.3.4. Detección a partir de datos de temperatura.

Generalmente se ha aceptado que casi la mayor parte del flujo de calor de la tierra proviene del núcleo y se mueve hacia la sumarficie donde se transmite a la atmósfe ra en forma de enerdia radiante. Sin embarges cuando el flu jo de calor se encuentra con un material aislante, el flujodisminuye distorsionando el perfil normal de emperatura. Es olaro por lo ento, que un gradiente mayor de temeratura se tuene en la parte inferior del aislante. La expresión que celacione de rapidez del flujo de malor por condución en -



-67-

III.1.3.4. Detección a partir de datos de temperatura.

Generalmente se ha aceptado que casi la mayor parte del flujo de calor de la tierre proviene del núcleo y se mueve hacia la superficie donde se transmite a la atmósfe ra en forma de energia radiante. Sin embargo d cuando el flu jo de calor se encuentra con un material aislante, el flujodisminuye distorsionando el perfil normal de emperatura. Es claro por lo ranto, que un gradiente mayor de temperatura se tiene en la parte inferior del aislante. La exprisión que relaciona fa rapidez del flujo de calor por condusción en -

(III.6)

¢

10 10 10 20 3.0 2.0 2.2 24 2.5 LINEAL LOGARITHICO

 $Q_{r} = -K_{T}A_{st} \frac{dT}{dZ}$

Una zona con alta presión es un aislante na-30 2AIGH30H3T 2AJ 30 OTH3IMATRO9M00 J30 HOIGARA9M00 - OL 30.013 turel: 0:**Estas: (sonas difieres:** s cono se hagmando indicando, de las formaciones que las rodean, en que son menos compac-tas, hay una mayor cantidad de volumen ocupado por fluidos. Esto es, una zona presionada contiene una cantidad de agua considerablemente mayor que una zona normal. De la ecuación (III.6) se puede observar que el flujo de calor es proporcio nal al coeficiente de conductividad térmica. El agua de for - apirrêt bebivitpubnop eb ronem odpum rolev nu eneit nôipam "I'a abato de la zona anormal, en un pozo que se estuviera -<u>nob eb seldet sal</u>. et al a compactadas de 20% de porosidad y encon <u>perforando en lutitas compactadas de 20% de porosidad y encon</u> <u>trara una zona batocompactada de 40%. Para flujo de calor</u> en estado estacionario se cumpie qué en capas en seile, el serve sent etravieza las capas es el mismo.

(8.III)

(1.0 = 0)Q = (2.0 = 0)QPara una formación impregnada con agua, el -

state estate estate estate estate
sustituyendo la ecuación (III.6) expresada -

 $K_{t} = K_{ma} \left(\frac{K_{w}}{K_{ma}}\right) \left(\frac{K_{w}}{K_{ma}}\right)$ se tiene: $K_{t} = K_{ma} \left(\frac{K_{w}}{K_{ma}}\right)$

donde m, es aproximadamente la porosidad. Para mostrar el efecto de la porosidad sobre la conductividad térmica, consi deremos dos estratos lutíticos, uno con 20% y otro con 40% -

con $\emptyset = 0.4$: $K_t = 1.138 \left(\frac{0.363}{1.138}\right)^{0.4} = 0.724$

start tayende valeres y despejande:

con $\mathscr{G}=0.2$: $K_{t}=1.138 \left(\frac{0.363}{1.138}\right)^{0.2}=0.906$

Usando estos resultados y suponiendo un gradiente de temperatura normal para la zona de 2 °F/100 ft como normal, se calcula el gradiente de presión que se encontra mación tiene un valor mucho menor de conductividad térmica mación tiene un valor mucho menor de conductividad térmica areivutae es sup ozoq nu ne , larrona anoz al eb oiede al que el sílice, el aqua es mejor aislante. Las tablas de con <u>nome v babizoroq eb 502 eb zabattaque zatitul ne obnerolreq</u> <u>ductividades térmicas muestran un valor de K</u> = 0.163 - rolat eb oiult araf .504 eb abattaque anoz anu arart - (gru/hr ft. °F) v K = 1.138 (Bru/hr. ft. °F). Lo cual muestra claramente que el aqua es aproximadamente tres veces muestra claramente que el aqua es aproximadamente tres veces

mejor aislante que la lutita.

(III.8)

Q(g = 0.2) = Q(g = 0.4)

Para una formación impregnada con agua, el -

coeficiente de conductividad termal resultante esta dado por: - abaserque (6.111) nôisause al obneyutitaug

por medio de incrementos en (III.8) se tiene: $(\nabla_{-}III)$ $(\frac{W^{A}}{Em^{A}})$ $Em^{A} = \frac{1}{2}$

donde m, es apressidad sobre la $(\frac{TA}{14}, \frac{A}{15}, \frac{A}{15}) = (\frac{TA}{14}, \frac{A}{15}, \frac{A}{15})$ and more la porosidad sobre la conductividad térmica, consided deremos dos estratos lutíticos, uno con 20% y otro con 40% -

dr. porestd.M.

$(K \Delta T)_{0,2} = (K \Delta T)_{0,4}$

 $\cos (0.4 \pm 8) + 1.129 \left(\frac{0.361}{0.138}\right)^{1.1} = 0.724$

Sustituyendo valores y despejando:

 $\Delta T_{0.4} = \frac{0.906}{0.724} (2^{\circ}F/100 \text{ ft})$

$\Delta T_{0.4} = 2.5$ °F/100 ft

Cuando el pozo que se perfora avanza a tra-vés de una serie de formaciones, la columna de lodo circulaa lo largo del agujero, de la boca al fondo y viceversa. Por

1.1.2

lo que, la temperatura del agujero no es la misma de las for maciones circundantes. De este modo, un registro de temper<u>a</u> tura en un pozo recién perforado, es menos efectivo que si se toma varias horas o días después de dejar de circular, p<u>a</u> ra fines de detección de zonas bajocompactadas.

Leafing oull. 11 presenta el comportamiento

del perfil de temperatura con respecto a la profundidad en una zona con presión anormal. Si no se corre el refistro de JAMHON GAGIZOROG temperatura en el pozo de estudio, se pueden leer datos; del encabezado de los otros registros tomados, de la temperatura MAJA GAGIZOROG máxima, correspondientes a la profundidad máxima alcanzada por la sonda. Estos puntos se grafican contra profundidad,obteniendôse resultados semejantes al de la Figu III.11, si se cuenta con los suficientes datos.

> ANDIA STITII 119395130 DETECTION & PARTIFICE de datos de -111111119950 A LA PROFUNDIAN EN UNA 2004 Salinidad. 2004

Se ha observado un aumento progresivo de con centración de sales del agua de formación con respecto a la profundidad en las rocas sedimentarias. El incremento de salinidad con respecto a la profundidad ha sido observado en casi todas las cuencas sedimentarias conocidas.

Durante la compactación, el agua escapa de -

las formaciones, y las partículas presentes en las arenas

lo que, la temperatura del agujero no es la misma de las for maciones circundantes. De este modo, un registro de tempera tura en un pozo recién perforado, es menos efectivo que si se toma varias horas o días después de dejar de circular, pa ra fines de detección de zonas bajocompactadas.



- BE 200 FIGHTET COMPORTAMIENTO DEL PERFIL DE TEMPERATURA CON RESPECTO A LA PROFUNDIDAD EN UNA ZONA ANORMALERUTETER

stand on a serie of the state and a state to the state of the

(a) and (a) and (b) subjected by applied of the transition of the content of t

of and or ether. The analyzes to active a forest or a

the case and any defendance and a first part of a constant that the

-72-

actúan como membranas semi-permeables, inhibiendo el paso de los iones de sala De este modo, a medida que se reduce el volumen de fluidenes 3d antérmación, aumenta el contenido de solog 30 sales.

Por tanto una zona sobrecompactada puede detectarse en una gráfica de salinidad contra profundidad, por un incremento de la salinidad en esta zona, y una zona anormalmente presionada, por una disminución.

La Fig. III.12 muestra el comportamientotípico de una zona anormal, la cual tiene su cima caproximadamente a una profundidad de 8000 ft. También se presenta una zona sobrecompactada a construcción de esta figura se tomarón datos derivados de registros en arenas limpias y medidas de ⁸laboratorio en muestras de pared de formaciones lutíticas

01

1.1

88

110

自己

Ô.

Se ha encontrado que la porosidad de los estratos lutíticos disminuye exponencialmente con respecto al esfuerzo vertical neto soportado por la roca, y debido a que

-73-

actúnn como membranas semi-permeables, inhibiendo el paso de los iones de servir per enclos a medida que se reduce el volumen de lu**cercon si erre**cton, aumenta el contenido de sales.

Por tanto una zona sob ecompactada puede detectarse en una gráfica de salinidad contra profundidad, por un incremento de la salinidad en est zona, y una zona anormalmente presionada, por una disminuen.

Fig. III.12 muestra el compoetamiento-Bel tipico de una mormal, la cual tieje su dima esproxima-Justorre a una profundidad de 8000 i También se presenta -000 e CINA DE LA ZONA Γ. 3.8 STAT NEGRODOR ON LEDE COD read round the esta fragers as bomarin deter aoin tenb + Restriction F all approved y concept attractor att 5, 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 aut.istaui areas up a congrade donter du Forme 10 30 50 70 110 10 90

SALINIDAD, PP = X 10³ NeCI FIG. III-12-COMPORTAMIENTO DE LA SALINIDAD EN UNA ZONA, SOBRESIONADA.

 en las zonas de alta presión la porosidad es anormal, una -gráfica de σ_v contra log \mathscr{G}_{sh} muestra una desviación de los datos en esta zona hacia valores más altos (Foster y Whalen, febrero 1966), como se ilustra en la Fig. III.13.

También se encontro que es más conveniente trabajar con es factor de formación (parimetro calculado a partir de datos del registro de inducción) que con la porosi dad misma, debido a que la disponibilidad del registro de in ducción estmayor que la del registro sónico de porosidad y/o rayos gamma d

Por medio de un desarrollo relativamente cor to (Sección IIII.2.3) se llega a la conclusión de que el factor de formación de lutitas varía directamente con la profun didad; esto se visualiza mucho mejor si se toma en cuenta que el factor de formación varía inversamente con respecto a la porosidad.

323

Una zona anormal en una gráfica de factor de formación contra profundidad se manifiesta por un decremento en el factor de formación tal como el que se observa en la -Fig. III.14. Cuando se atravieza una zona sobrecompactada -(o saturada de hidrocarburos) se presenta el efecto contra-rio, es decir, el factor de formación aumenta.



leprero Tape)' como as ilnatra su Ja

en safs zona proje Asjores was altos (hoafer A Musjeu' en fes zonas de alta presión la porosidad es anormal, una -draffer de o_v contra log g_{eh} muestra una desviación de los FIG. III.13. aoteb

I - 76 -

111.1.4 Consideraciones para la Graficación.



Acres 1

 Alter endet transministrations of these states (herein) is ended and the transmitter of the moment of the endet with the transmitter of the states of the states of the states of the state of the transmitter of the transmitter of the states of the states of the states of the moment of the states of the transmitter of the states of the transmitter of the states of th

-77-

III.1.4 Consideraciones para la Graficación.

raciones de interie que avudan en gran medide elementes considedecisiones derivadas de las granides mencionadas:

> a).- Se debe procurar leer los parimètios de interés en lutitas con espesores minimos⁰de 3 a 10 m de espasor.

0003

- b).- Utilizer datos de equellas lutitar son mayor pureza, JANRONA ANDI Las siguientes variaciones observadas no tienenreleción directa con las variaciones, de presión
 - en la formación.
- c).- Evitar los datos de resistividad arriba de una-MOLAMROJ 30 901047 00 a A1000 m. Pues estas gene-ralmente contienen agua con menor salinidad, te niendo como resultado valores altos de resistividad.
- d).- Tomar en cuenta cambios en la edad geológica, discordancias etc. ya que estos reflejan cam- bios drásticos en las propiedades de las luti-tas. Lutitas de Mioceno y el Oligoceno en el aréa de la Costa del Golfo en E.U.A. tienen pro

piedades eléctricas diferentes, las cuales cau san una marcada desviación con respecto a la línea de tendencia normal. El efecto de una discordancia en el registro sónico, se ilustra en la Fig. III.15.

- e).- Lutitas cercanas a masas grandes de sal, tales como domos salinos, presentan muy baja resisti vidad debido al incremento en la salinidad del agua que contienen.
- f).- Formaciones con agua extremadamente puras --(5000 ppm Nach) a grandes profundidades, in-crementan los valores de resistividad.
- g).- La presencia de gas en las lutitas también -pueden afectar drasticamente las medidas de resistividad y tiempo de transito.
- h).- Cambios grandes en el diametro del agujero -también afectan los parametros de medición.
- i).- Las lutitas con alto contenido de bentonita - ADHIGNOTALI 30 000000 con 01 000 presentan muy bajos valores de resistividad,- ADHIGNOTALI lo cual sugiere altas presiones de formación-que generalmente no existen.

piedades eléctricas diferentes, las cuales cau san una marcada desviación con respecto a la línea de tendencia normal. El efecto de una discordancia en el registro sónico, se ilustra en la Fig. III.15.

- e).- Lutitas cercanas a masas grandes de sal, tales como domos salinos, presentan muy baja resisti vidad debrito al incremento en la salinidad del aqua que centienen.
 - iPormiciones von agua extrem daménite puras (5000 ppm Nach) a grandes profundidades, in- cremintan los valores de registividad.
 - 01.- La plesionol dontas an las utiges hambién --plesd n elector resticaments la modudas de -plest restantes de transmission de transmissi de transmission de transmission de transmissi de transmiss
 - 91
 - -- eranar tob ertemble if as realize as dans -. to
 - . ກິເບເມັດການປະຊຸດ (ເພິ່ງອອກອີກສະຊຸດອາ) ແລະເບເມ ແຕ້ ຟສມມ 10 50 100 200

FIG. III.15. - CAMBIO DE LA TENDENCIA NORMAL DEBIDO A UNA DISCORDANCIA

land date to the testimation as a set

-eb noo aspititut sanos no asrutosi ramot rativa -. (t cualquier desviación de la tendencia correcta se acrecenta,-

- astrantes estavando los errores en la cuantificación de presiones. No agravando los errores en la cuantificación de presiones. No

hay una regla general sobre como establecer tendencias norma

les de compactación; por tanto, la experiencia y conocimien-

k) -- En espesores grandes de lutitas, frecuentementete del campo son factores decisivos para una buena evaluanoismut es noisere de presión es preseo es

de la proximidad a la arena permeable advacente.

Generalmente, los gradientes de presión disminu-. aobluit eb noipudiritaio .2.1.111

yen con respecto a la aproximación a la arena. -

Esto tiene claras implicaciones para las operacio Existe una multitud de estudios similares

nes de perforación. Altas densidades de lodo que intentan relacionar la distribución de aceite y gas conoromas y desmoro ara prevenir derrumos y des

Simples parámetros o combinaciones de los mismos, tales como: , oqueit omaim la oreq (astitul asl eb aotneiman siempe geológico y adad de las formaciones, profundidad, pre

siempo geológico y edad de las formaciones, profundidad, presanera aal ne ndicalucric eb aabibrêq nârbnet ea

adyacentes consistent and state astaadyacentes constant romes asta-

actuando una combinación de varios fáctores superpuestas con deben regraficar los valores del parámetro en -

lifencies grado de importancia.

cuestión sobre una escala expandida de profundi-

dad para observar con más detalle estos cambios-

- 1 M -

en los gradientes de presión.

This generalizado entra el perfil elpico de resistividad de

bushan y la distribución de accito y gas para el área de la -

addissionson stab of addission and the stability of the stability of

- Evitar tomar lecturas en zonas lutíticas con de - Evitar tomar lecturas en zonas lutíticas con de - atmeserse es atoercos, ya que todas las herramientas No. sencierq es nôisesitanes al ne serorre zol obnevarga

utilizadas son afectadas en su respuesta.

de la proximidad a la arena permeable adyacente.

Generalmente, los gradientes de presión disminu-III.1.5. Distribución de Fluidos.

yen con respecto a la aproximación a la arena. -

Esto tiene claras implicaciones para las operaciones estimita acibutas so butitlum anu staixa

nes de perforación. Altas densidades de lodo -

que intentan relacionar la distribución de aceite y gas conson necesarias para prevenir derrumbes y desmoro

simples parametros o combinaciones de los mismos, tales como: namientos de las lutitas, pero al mismo tiempo,

tiempo geológico y edad de las formaciones, profundidad, pre asnora así na nórosiuprio ab asbibrég nàrbnet es

sión, temperatura, etc. Sin embargo, en la naturaleza estáse sozeo aslad na .adlesro ronam nos zednosnybs

actuando una combinación de varios factores superpuestos con - no outombrag los valores valores deb

diferente grado de importancia.

suestión sobre una escala expandida de profumite-

-and many ander official alm nos more do not the

Recientemente se ha presentado una correla--

ción generalizada entre el perfil típico de resistividad de

lutitas y la distribución de aceite y gas para el área de la maiste sinescot electrobrod 51 espectadost

Costa del Golfo, E. U. A. La aplicación de esta correlación matemadampentata como entre efectore a contente contente transpuede indicar si es posible que exista producción comercialne contente de posible ast constanda tente retratetente el

de hidrocarburos abajo de la profundidad a la cual el pozo - server no entre de pozo - server no entre de pozo de la profundidad e la cual el pozo -

ha sido perforado y decidir si se continúa o no la perfora-baladantieraj de origenmente la seconteción de secondo de conteción de secondo de conteción.

144 -

El significado de esta correlación estadísti

ca, ampliamente desarrollada y probada, está basada en el análisis de cientos de pozos en todos los rangos de presiónen pozos productivos comercial y no comercialmente explota-bles.

El perfil típico mostrado en la Fig. III.16está basilio monte a la información recopilada de la curva normal corta y no e aplicable e cualquier otra medida de resistividad o concurtividad.

ARAVIANA de las conas productoras en el área -~ 99% DE LOS de la Costa del Golfo son penetradasos 13 Mana tuberla protec-DE ACEITEY GAS tora. Datos estadístidos muestran que 1 90% de los campos-CIMA DE LAS TACINIENTOS PECKENOS petroliferos comerciales se encuentran en zonas con presiones COMERCIALES normales y con presiones anormales abajo de 13 ppg (1.56 g/cm^3), correspondiente a una relación de resistividades de-1.6, Fig. III.16. Los requerimientos de peso de lodo que ex ceden a 13 ppg; generalmente requieren una tubería protectora para evitar, perdicas de circulación y/o pegaduras de la tube ría de perforación debidas a la presión diferencial generada.

Cerca del 99% de todos los yacimientos de -

aceite y gas se encuentra en las zonas A y B. Esta observación es de gran importancia económica debido a que el costode una buena terminación en formaciones anormalmente presionadas pueden llegara ser excesivamente alto, ya que un gran-

-83-

El significado de esta correlación estadísti

ca, ampliamente desarrollada y probada, está basada en el análisis de cientos de pozos en todos los rangos de presiónen pozos productivos comercial y no comerciammente explota-bles.

El perfil tinico mostrado rel Fig. III.16está ba**landona MOSAL de MUR**obre la information r copilada de la cuiva normal corta y no a aplicable dulluier otra medida de resistividad o conductividad.

as de l'us - cora: en el área d Series a (NORMAL)/Rsh ~ 99% DE LOS - Costa Costa Con peneal Control Contect 6355 90% te los campos-Datos stadistivos muest ri.67 **8: 1**33 VACINESENTOS PER CIMA DE LAS 3.5 DE REAL SUPERPRESIONES DI TOUR euone and the residness c/cm³), correspondionete a una relación de resistividados de-RO HER AD . F. G. 17 1 partooded of a set of a same poasinger Reherond mult ceden a 🔝 TRANS AT AN FIG. III 16 - CORRELACION ENTRE EL COCIENTE DE RESISTIVIDADES 19 - B.X.M. Y L'A DISTRIBUCION DE HIDROCARBUROS the domentation of the second of the probability of the second second second second second second second second

· at a showing the and so all the ten hands

14

- sebnarg al ebnob etnemlaueu atage es orenib eb etatnerrog Correlaciones similares a la mostrada pueden

.ozoq le roq asbarevarta nos asnoizergerdos a desarrollarse para datos de tiempo de transito encontrados a

partir del registro sónico de porosidad si se cuenta con su - estate de la serverse de perfil tipico de - ficientes registros de este tipo.

cociente de resistividades, un número sustancial de vacimien

tos de gas y/o aceite se localizan en sonas sobrepresionadas. se ha tenido más exito en el us de perfiles

sin embargo, se nota que con un incremento en la relación de de resistividad para determinar mediós tavorables para la

resistividades, los yacimientos llegan a ser más pequeños en acumulación de hidrocarburos que con el gradiente real de

presión de formación como lo intentaron anteriormente otros

investigadores. Uno puede usar el parámetro de relación эb .Fig. concernation de los electos superpresiones, Fig.

- III.16, como en la zona D, no se encuentran yacimientos co--de présión, temperatura y salinidad del agua de formación;

merciales. Estos intervalos se caracterizan por sus elevadas nos coimiupose y coimánibomist soideonos col sup , ca otab

presiones y rápidos depresionamientos. Además, muchas de asidono de estanco

las formaciones que exhiben altas presiones solamente contie

nen agua con gas en solución. Las muestras de pared y los -

character de pozos generalmente indican condiciones favora-bles a la producción comercial debido al considerable volu-men de gas en solución. -sipier del del y esnera ab alonerose noo esnero asico

content leb acheborie off

En la Fig. III.16 las escalas son omitidas -

debido a que los valores específicos dependen del área.

OTOANNAVS Es importante notar que las observaciones

para la construcción de la correlación pertenecen a cuencasregeológicas consecuencias de arena-lutitas y no es aplicable para zonas con secciones de carbonatos masivos.

norcentale de dinero se gasta usualmente donde las grandes sobrepresiones son atravezadas por el pozo. partir del registro sónico de porosidad si se cuenta con su Como puede observarse del perfil típico de -ficientes registros de sotte tipo. coclente de resistividades, un número sustancial de vacimien tos de gas y/o aceite se localizan en zonas sobrepresionadas. Sin embargo, se nota que con un incremento en la relación de al araq seldaroval solbem ranimneteb araq babivitaiser eb realstividades. los vacimientos llegan a ser más pequeños en presión de formación como lo intentaron anteriormente otros investigadores. Uno puede usar el parametro de relación de En la región llamada de superpresiones, Fig. resisitividades como una función de los efectos superpuestos - 111.16, como en la zona D, no se encuentran vacimientos co-rciales. Estos intervalos se caracterizan por sus elevadas socimilupose y socimient borgonoo sol sup , se otaš son Además, muchas de presiones y rigidos depresionamientos. tomados en cuenta. its formaciones que exhiben altas presiones solamente contie nen auta con que en solación. Las muestras de pared y los -La correlación presentada corresponde al area de la Costa del Golfo, pero por experiencia se ha demostrado que el modelo es válido para la zona de California y variasotras cuencas con secuencias de arenas y lutitas del Terciario alrededor del mundo. schrafme man selecto nel élitti indé et de

and the entropy contract means denoted as a second denoted

III.2. EVALUACION

subjects and call only drives on the second

server is a several and address of the restrict the second s

La evaluación de las presiones de formación-

juega un papel muy importante, en las operaciones de perfora

Antipart of the second of the

- este capítulo se describen algunas de las técnicas más utilizadas para la estimación cuantitativa de las presiones de formación.

Sstas tendencias en un área dada, reflejan -

in tendencia normal de compactación como una función de la protundidad, rig. cir. y nemtici es consciond joint. Las los caros de repustividad divergen da la tendencia normal hacia-

babraouog utila Este método empîrico argumenta que la presión de los fluidos en cuerpos lutíticos puede ser estimada a par obsé otnuc nu se signer vie se argumenta que la presión tir del uso de los datos obtenidos de los registros de resig necesión stag asigner y por tanto en las formaciones permeables-

y porosas adyacentes.

gue la resistividad de los estratos lutiticos disminuye on -

ción, ya que constituye la base fundamental para la programa - chebes Y .stnemus babiecroq el euroración depende, entre ettroueraio na najelior babiecroq y babivitajes; en pozer vectada ettroueya se indico, el ritumo de penetración depende, entre ettroueparàmetros, de la diferencia entre la presion e et codo por la columna de lodo y la de las formaciones atravezadas, ha-- erse obotám essa roq otseugorq omiropia la ciendose óptima a medida que el peso de lodo se aproxima a ciendose óptima a medida que el peso de lodo se aproxima a la densidad equivalente de la presión de lormaciones atravezadas, haesta columna de lodo y la de las formaciones atravezadas, ha-- erse obotám essa roq otseugorq omiropia la ciendose óptima a medida que el peso de lodo se aproxima a la densidad equivalente de la presión de lormaciones atravezadas, to, la utilización de dansidades de lodo se aproxima el el piccio del pozo al disminutr el tium energio de penetraciones acta el piccio del pozo al disminutr el tium energi penetraciones act aumontar el costo del riudo de penetracion, cua penetraciones act aumontar el costo del riudo de penetracion, energia sol al aumontar el costo del riudo de penetracion de penetracion, el picciones acta el piccio de la riudo de penetracion de penetracion, el picciones acta el piccio del riudo de penetraciones as rando sol al dos en asolitique lamon arvus al estimación cuantaria a la dos bin este contras más utilizadas para la estimación cuantaria deltócnicas más utilizadas para la estimación cuantaria delde conciones ander a subates para la estimación cuantaria delbientes del para la estimación cuantaria delel picciones adas para la estimación cuantaria delel picciones del riudo de penetoria del de dos del dos del penetoria del dos del dos del dos del dos del penetoria del dos d

las presiones de formación.

Estas tendencias en un área dada, reflejan -

la tendencia normal de compactación como una función de la profundidad, Fig. III.6. En las zonas bajocompactadas los datos de resistividad divergen de la tendencia normal haciavalores más bajos, mostrando con ésto una alta porosidad.

Este grado de divergencia de un punto dado al establecido por la tendencia normal, se utiliza para encon trar el gradiente de presión de formación.

cer esta relación empírica, es la siguiente: Mediciones de -

presión de formación y de la relación de resistividades de la normal a la observada, a varias profundidades.

	La Información se grafica, si es posible,-
utili	Lzando numerosos pozos con información disponible en el-
area.	Fig. III.17. Esta figura muestra que un incremento -
en la	a relación de resistividades significa un incremento en
	radiente presión.
BN	
ACLI	
MAN	Para estimar la presión de formación de las
A Sape	s adyacentes a las lutitas, se recomienda seguir el pro-
Sin dedi	miento descrito a continuación:
E 21(
NBM NBM	and the second
E D C	1 Establecer una tendencia de compactación normal -
TW1	para el área en estudio, utilizando datos de resis
A D A A	tividad de lutitas de varios pozos.
EHI E	2 - Hacor una gráfica comilogarítmica do reciptividad
	2 nacer una grazica semilogaritmica de resistividad
NO NE	contra profundidad para el pozo en estudio, simi-
Z E OS	lar a la de la Fig. III.6.
TAC DAT	
	3 Determinar la cima de la zona geopresionada, to
	mando en cuenta que a esta profundidad los puntos
	O (O (S O A A A A A A A A A A A A A A A A A A
	OBEDIERIS OF BEESTON OF SCRUEDOR SERVER
	normal establecida previamente.
	A MARINE AND A MARKATER AND

-89-



a varias profundidades , abev tendo B. D Lamion ""

96 de resistividades relación PT. 96 tormacion A 00 breaton

-90-

reiuplaus a , ndisamrol eb nditerq eb estneiberp 13 -.4 neiupitatel eb elben areq , arsseurae are 1; belikherlerq o se muestra en la Fig. ITI.8 y también se utiliza umeteq ares n empírica, del gradiente de presión de formación contra la diferencia ado temposeq [fameito]utitano, poitémo al coltra la fiferencia v tamon belivitaiser eb arolev sol nenit

- ne artasum sa omoo .astitul asi ab abayreado Es importante indical que tanto la Fig. - -III.17 come la Fig. III.18, corresponden a datos del área de la Costa del Golfo de Estados Unidos. Por tanto, deben desa ron babivitaiser al ertne etneico le raluciao (d rrellarse relaciones semejantes para cada área en estudio. .astitul asi eb abavreado babivitaiser al y iam

> c) Con la información del inciso b), y la gráfica .noise ab obodad (2.4.1). de la Fig. III.17 se encuentra el gradiente de

presión a la profundidad escogida.

Los datos de los registros y las medidas de-

presión en los pozos indicas que existe una relación entre biblicando la profundida de la contratación puede ser establecida de cristica de contratación de contratación puede ser establecida de in singueste resource de formación en presión de formación.

(8.111) 6.- Con la repetic**ión de los pasos anteriores, a va-**rias profundid**ades, es posible** construir un perfil de resistividad contra profundidad.

(alicenter) (alicenter) (alicenter)

Cuarido se cuenta con datos de tiempo de trán sito, leídos del registro sónico de porosidad, se puede aplí car el mismo procedimiento establecido para valores de resíg

Lid as to 1

(8 et) 1

-91-

4.- El gradiente de presión de formación, a cualquier

en la Fig. III.8 y también se utiliza une relación empírica, del gradiente de presión de formación contra la diferencia --de tiemposade transitor (Atourata); como la de la Fig. III.17. - y la normal y resistividad resistividad normal y

- de arteeum es omor satiful sal chebevierdento la Fig. - -III.17 como la Fig. III.18, corresponden a datos del área de

la Costa del Golfo de Estados Unidos. Por tanto, deben desa ron babivitzizza al antre admendente la resistividad nor rollarse relaciones semejantes para cada área en estudio. .em

 c) Con la información del inciso b), y la gráfica .notad ab obotám .2.2.111
de la Fig. III.17 se encuentra el grádiente de

> presión a la profundidad escogida. -eb asbibem asl y aortaiper aol eb actab aol

presión en los pozos indican que existe una relación entre ellos. La ecuación de correlación puede ser establecida de la siguiente forma:

THE A RETUINED AN EXP/D = $f(R_n/R_n)$ = 1. (III.9)

the contact of posible constraint to posit

cuando se dispone de datos de resistividad y

$$p/D = f(\Delta t_0 - \Delta t_n) \qquad (III.10)$$

cuando se tienen datos de tiempo de trânsito de las lutitas. Es decir que:

energy of the discussion of the discussion of the second second second second second second second second second

$$\frac{R_n}{R_o} = f(p/D)$$
 (III.11)

o bien:

$$\Delta t_{0} = \delta t_{0} = f(p/D)$$
 (III.

utilizando la scuación (II.4) se puede establecer que:

$$p/D = f(S/D, c/D)$$
 (III.13)

12)

Los parámetros de R_{sh} y Δt_{sh} son a su vez fun ciones de σ/D , S/D. Una relación empírica se desarrolló por ensaye y error (hjustániose con datos de campo), la cual rela ciona la presión de formación y la resistividad de las lutitas para la zona de Louisiana, E.U.P

$$p/D = S/D - (S/D - (D/D)_{11})^{000} (R_0/R_1)^{1.5}$$
 (III.14)

lars dearrollar est, ralación se necesitó -

marcha información de compo:

a) Datts de Las reconstron de indución.

b) Medidae de La veités de tomme én en los pozos.

series as series inded about (11.11) adress at

- ab attanoqxe tob attain in active dof expension of the educed attain the attanopy of the education attained attai

DE FORMACIONSY LABORADO DE FORMACIONSY LABORADO DE FORMACIONSY LABORADO DE FORMACIONSY LABORADO DE FORMACIONSY

TIEMPO DE TRANSITO Observado y normal En lutitas

the destructed and sense of parts of the sense of the sense

o bien:

$$\Delta t_o - \Delta t_n = f(p/D)$$

Utilizando la ecuación (II.4) se puede establecer que:

$$p/D = f(S/D, \sigma/D)$$
(III.13)

Los parámetros de R_{sh} y At_{sh} son a su vez fun

ciones de σ/D , S/D. Una relación empirica se desarrolló por ensaye y error (ajustándose con datos de campo), la cual rela ciona la presión de formación y la resistividad de las lutitas para la zona de Louisiana, E.U.A.

$$p/D = S/D - (S/D - (p/D)_n)^{0.0} (R_0/\tilde{R}_n)^{1.5}$$
 (III.14)

Para desarrollar/esta relación se necesito -

mucha información de campo:

a) Datos de los registros de inducción.

b) Medidas de la presión de formación en los pozos.

c) Datos del registro de densidad.

La ecuación (III.14) puede aplicarse en otras áreas, para lo cual depe hacerse un ajuste del exponente dela relación de resistividades (exponente de la ecuación de -MOIESH9 30 370310ARS

Eaton) con datos prácticos de campo.

OFFERENCIA ENTRE FI

ción (III.4), se observa que para condiciones de presión nor mal se puede expresar:

(III.12)

(III.15)

$\frac{p}{p} = \frac{s}{p} = \frac{s}$

(1II.19)

y para sonas bajocompactadas:

Del mismo modo si se cuenta con información

> la siguiente ecuación: - obneicad (11.11) ne (11.11) ongeneration

toretemberong stationers lob other to.

-95-

18.62

(III.15)

(III.19)

: estadompactadas: y para zonas bajocompactadas: Del mismo sobem comein formación de compactadas en comein formación para calcular el estadom de comeinada d

la siguiente ecuación:

Sustituyendo (III.14) en (III.16) haciendo -

(71.III) Los $\begin{pmatrix} a_n \\ n \end{pmatrix}$ constants (del exponente) a" son diferentes en las ecuaciones (III.14), (III.19) y (III.20), siendo igua les para (III.14) y (III.18). El valor del exponente de la ecuación de Eaton, constituye el parametro que dificulta laaplicación del método y debe ser evaluado con datos sobre me diciones de presión de formación y datos recabados de los re gistros geofísicos de explotación, correspondientes al área "Advanto" al abasig al mandación correspondientes al área

por medio del siguiente procedimiento:

1.- Determinar el gradiente de sobrecarga $\binom{S}{D}$ por medio de datos del registro de densidad del pozo, o bien de pozos vecinos, con el procedimiento indicado anteriormente,al exponer la definición de presión de sobrecarga.

21.62

joi eb nôiserq eb larron etneiberp le remitel varias profundi Este calculo se erectua para varias profundi ades en varios pozos, en los cuales se tengan medien medie para el varios pozos, en los cuales se tengan medienes ce para el anesion, y se elige un valor representativo de este plata el para meta el area en ge eb babianeb eb asbiben sanupla eb etnemat para el area en ge eb babianeb eb asbiben sanupla eb etnemat para el area en ge eb babianeb eb asbiben sanupla eb etnemat para el area en ge eb babianeb eb asbiben sanupla eb etnemat para el area en ge eb babianeb eb asbiben sanupla eb etnemat para el area en ge eb babianeb eb asbiben sanupla eb etnemat

En el apéndice E se presentan dos programasdisciplinaria el calculo de los valores del exponente de las disciplinaria el calculo de los valores del exponente de las - b "astaneneque o\v otienant de calculo de la presión de presentadas y en la estimación de la presión de ' conaciones presentadas y en la estimación de la presión de ' conaciones presentadas y en la estimación de la presión de ' conaciones presentadas y en la estimación de la presión de ' conaciones presentadas y en la estimación de la presión de ' conación y uno de ellos utilizando calculadora TI-56 6 59 % ' cormación y las , astaneino calculadora TI-56 6 59 % ' cormación y las , astaneino calculadora TI-56 6 59 % ' cormación y las , astaneino sotab aol a seria astane astane ' cormación y las , astaneino sotab aol a seria astane ' cormación y las las figs. III a 16 a III 8.

TILLS. Metodo do Poster y Whalen

5.- De la tendencia normal de compactación ajusta da, leer el valor del parámetro normal correspondiente y de la región de los datos desviados, a la misma profundidad, el valor observado. 6.- Una vez conocidos todos estos parámetros, eva luar el exponente de acuerdo con la siguiente expresión (con el uso de datos de resistividad):

- The part of the carterian and the laws that are reached to a final second to

1922 - 12

$$\alpha = \frac{\ln \frac{S/D - p/D}{S/D - (p/D)_n}}{\ln \frac{R_0}{R_n}}$$
 (III.21)
-97-

7.- Con las ecuaciones (III.14) y (III.18) a (III.20), calcularsicescorrespondientes bysions de los gradientes de presiónede formaciónes a las profundidades de interés.

-amarporq aob natneserq sa E solbnêqa le na 4.- Obtener los cocientes de resistividades, conal esta ab atnenoque leb aerolav aol eb oluciàs le araq aobañesià ductryidades, tiempos de tránsito y/o exponentes de ecuaciones que la noisamites al ne y astronentes de bas ecuaciones (III.14) y (III.18) a (III.20), a partir de las ecuaciones (III.14) y (III.18) a (III.20), a partir de bas ecuaciones (III.14) y (III.18) a (III.20), a partir de bas ecuaciones (III.14) y (III.18) a (III.20), a partir de bas ecuaciones (III.14) y (III.18) a (III.20), a partir de bas ecuaciones (III.14) y (III.18) a (III.20), a partir de bas ecuaciones (III.14) y (III.18) a (III.20), a partir de bas ecuaciones (III.14) y (III.18) a (III.20), a partir de bas ecuaciones (III.14) y (III.18) a (III.20), a partir de bas ecuaciones (III.14) y (III.18) a (III.20), a partir de bas ecuaciones (III.14) y (III.18) a (III.20), a partir de bas ecuaciones (III.14) y (III.18) a (III.20), a partir de bas ecuaciones (III.14) y (III.18) a (III.20), a partir de bas ecuaciones (III.14) y (III.18) a (III.20), a partir de bas ecuaciones (III.14) y (III.18) a (III.20), a partir de bas ecuaciones (III.14) y (III.18) a (III.20), a partir de bas ecuaciones (III.14) y (III.18) a (III.20), a partir de bas ecuaciones (III.14) y (III.18) a (III.20), a partir de bas ecuaciones (III.14) y (III.18) a (III.20), a partir de cuaciones (III.20), a partir d

serva en las Figs. 117.6 a III.9.

III.2.3. Método de Foster y Whalen

5.- in tradensia normal de compactación ajunte

La porosidad disminuye con un aumento en la profundidad para una roca de tipo y composición uniforme debido a la compactación de la roca y a la expulsión de flui-dos. Hubbert y Rubey discutieron ésto con gran detalle y con cluyen, "se infiere que en una arena existe, para cada valor de porosidad (\emptyset), algún valor de σ_V que la arena puede sopor tar sin una compactación posterior". Por tanto, se establece que la porosidad es una función del esfuerzo vertical soportado por la roca:

$$g = f(\sigma_v)$$
 (III.22)

-98-

- 110-

El factornelouves establugia sel devites anotosi las

C. = 100/3 12 5 (III.25') (III.23)

donde At_{sh} es el tiempo de tránsito de las lutitas adyacenta (es. IIIhs arenas a las coales se desea determinar su porosi-El valor de c' depende de la provincia geológica, y se .beb -formal gunos autores, puede variar entre 0.8 y 1.2. La cons--byracido es ,noiseuse emitio ates obnazilant tante 100 corresponde al valor maximo de Digh encontrado, re la ,otnat roq aup y ,laisnanoque noisquit enumple, tarta eup basando el cual la ecuación (111.3) noise cumple, tarta eup grafiger Log Sam contro swige tiene una lines recta de forma similar a la que se presenta en la Fig. III.13. La relación existente entre la porosidad y el esfuerso vertical soporta-: srenam etneiuple en el desarrollo empirico original se ha tomado como objetivo principal la determinación de la poul anoisant a babisorog al ranimated (a cuando se aplica a lutitas. títicas atravezadas

Entonces paragane opiges antonces paragerfil de porosidel tiempo de tránsito se -- $\Delta c_{n}^{2} \Delta c_{n}^{2}$ utiliza in soundidig (1335) 330a valdres de út_{ob} menores de--(2.0111) al 111 al para mayores (sonas someras o sobrepresio-nadas). La porosidad puede obtenerse también dol registro se observa que se ha introducido un factor de corrección Cp:

cuando la ecuación (III.5) se aplica a arenas limpias no com - instadas invalidad en la que se - auta profundidad en la que se - auta pactadas invalidad el auta de la porosidad, superisentes - conocidad, superisentes - conocidad, superisentes - autor de la porosidad, superisentes

- das resultan muy grandes por lo cual se introduce un factor

de corrección por falta de compactación. -stastbarn lob moisy du saure de le structure

Rapic shite for shirt if Del estudio de un gran número de registros de sace allow increasing the elastic to easy arenas limpias, no consolidadas e invadidas de agua, se ha encontrado que la ecuación (III.25) se satisface razonable-mente por medio de la corrección empírica aplicada.

A partir de lo quater de les set delles anno de la partir de

C, = 100/8 At 1 (III.25')

Si consideramos estratos lutíticos se tiene: -icoroq ue raniarotal setal el obienara el senara el 14.201 ge y, solpôloep aionivora al el el eneque 'o el rolav 13. beb -cano al .2.1 y 8.0 erte rairav eberg, sercira sonuple map ecuación, se observa -cano al .2.1 y 8.0 erte rairav eberg, sercira sonuple map ecuación, se observa -cano al .2.1 y 8.0 erte rairav eberg, sercira sonuple map arte obartoone esta ultima ecuación, se observa erte obartoone de te cuación, se observa entro de te de constant rolav 1 e enequervo maio de te te de te constant, y que por tanto, al estato de te te de te cuación de te de terre de terre estatente entre la porosidad y el esfuerzo vertical soportaexistente entre la porosidad y el esfuerzo vertical soportado por la moio antes al facionira de terre de terre de terre estatente entre la porosidad y el esfuerzo vertical soportado por la moio antes al facionira de terre de terre de terre de terre estatente entre la porosidad y el esfuerzo vertical soportado por la moio animate al facionira de terre de tere de terre de t

cuando se aplica a lutitas. zigen lab olbam rog zadas

(III.23)

títicas atravezadas por

Entonces para encontrar un perfil de porosi-(dad contra profundidad a partir del tiempo de trânsito se -utiliza la ecuación (III:5) para valores de Δt_{sh} menores de-100 y la (III.25) para mayores (zonas someras o sobrepresionadas). La porosidad puede obtenerse también del registro -: O coloco rece els totada nu obtrobordar un sup sersada de

-observation (111.5) se aplica a arenas limitas ao com - se sup al as debinitore abas a o ralus (dundas obteni-- observations de aque salada, las peroducas obteni-- observations de aque salada, las peroduce obteni-- observations de al so rolav le assono - sonob glamon se noisemol so doisere al sup

 σ_v/D se calcula de acuerdo a la ecuación (III.15). Si se tiene un valor del gradiente-

de sobrecarga de 1.0 psi/ft y un valor de 0.465 para el gradiente de presión normal en la zona el valor del gradiente del esfuerzo vertical-

- standard shalls for an (25,111) additions of says shall says

service control to be concerned and repaired and the day.

-100-

Para estimar la presión en el caso de formaciones bajocompactadas; primero se localisa un punto sobre la tendencia normal que tenga la misma porosidad que aquel de la zona anormal y se lee la correspondiente σ_v del punto localizado, la cual denominaremos como σ_{veq} . Como estos pun tos tienen la misma porosidad, entonces σ_v es igual en am bos casos, de tal manera que la presión en el punto anormalse puede calcular con la siguiente expresión:

 $p_{fa}^{o} = \mathbf{S} - \sigma_{veq}^{o}$ (III.26)

-101- 501-
El registro de inducción o el eléctrico soncorridos virtualmente sobre todos los posos y usualmente a través de todas las secciones geológicas atravesadas. Con este tipo de registros, es más conveniente trabajar con el factor de registros, es más conveniente trabajar con el factor de registros, es más conveniente trabajar con el factor de registros, es más conveniente trabajar con el factor de formación, el cual de una función de la porosidad, que con la mortaldad a famil: "Archie introdujo se concepto o de factor de formación" el cual be de todos el cociente :que resulta de dividir el famil el famil como set cociente :que resulta de dividir el festividad del segue que lo seaévurá. non se sebiento normales e por come el come por cienfactor com se de dividir el for vesteres e source o se por ciento seturada con agua por senere se source o sene por cienfactor com se se source e por come el come el come el come factor de dividir el por senere se source e por ciento seturada con agua por norm se sebiento come el come senere el come el come el come el come el come senere el come el come el come el come senere el come el come el come el come senere el come el come el come come el come el come el come senere el come el come el come come el come el come come el come el come el come come el come el come come el come el come come

que el fluido avuda a soportar parte de la sobrecarga. (75.111) $\frac{o^{R}}{R_{o}} = T$

Para entimer la presión en el cáso de forma-

- ordoz otror; an Tomàndolenscuenta: que la lutita e una rocaimpermeable para calcular su factor de formación e energia e bace; odiso de la aproximación siguiente sei ex y fuerione anos al el que sobre omo $_{p,q,b}$ omos comercanadas len el destinat on o lono e peres comos comercanadas en el destinat terror e non (iii.28) lerror e non el de lo de ser el de la de sola el de terror e non (iii.28) lerror e non el de ser el de sola el de terror el de ser el de ser el de sola el de terror el de ser el de ser el de ser el de sola el de terror el de ser el de ser el de ser el de sola el de terror el de ser e

en los experimentos de Archie, de la siguiente manera:

(es.III) Por tanto si se **trifica** og F_{sh} contra σ_v se obtiene una línea recta, como an**ie** caso de la gráfica de log f_{sh} v.s. σ_v , Fig. III.13. Además, la técnica puede ser simpléritada **pôlecurio** filmed para de log F_{sh} contra profundidad, en lugar de log F_{sh} contra σ_v , ya que contra profundidad, en lugar de log F_{sh} contra σ_v , ya que sobrecarga constante el esfuerzo vertical neto soportado por la roca tiene un comportamiento filment tom la profundidad. for tanto, se puede deducir que una gráfica de log F_{sh} contra (**16.111**) no roirotna nôlocupo el oficent tom la profundidad. la roca tiene un comportamiento filment tom la profundidad. vor

multiplicando ambos miembros por (1) - se obtiene:

El comportamiento de la gráfica en zonas ba-(26.111) $\sqrt{263}$ $\sqrt{263}$

Les presenter el favor de formetén le los les les

-- #dipsupp club hidisq c cobstaveide accidiant
(III.34)
gipsi cb oncentrosetb set set set.

pasando la expresión anterior en función de logaritmos decimales:

spectration (becomplished on each

the for the second

$Log F_{sh} = Log F_{sho} + 0.43429 Km\sigma_v \qquad (III.35)$

NAE_5783

-103-

(PC.III) Por tanto si se crifica Log P_{sh} contra σ_v se obtiene una línea recta, como entel caso de la gráfica de -Log \mathcal{G}_{sh} v.s. σ_v , Fig. III.13. Además, la técnica puede ser simplificada (determinante por la graficación de Log P_{sh} contra profundidad, en lugar de Log P_{sh} contra σ_v , ya que -($\partial \mathcal{E}_{.III}$) como se observa en la ecuación (IT.14), decuando se considerasobrecarga constante el esfuerzo vertical neto soportado por ($^{42}_{.LII}$) no normante normaniento Timesi com la profundidad. -Por tanto, se puede deducir que una gráfica de Log P_{sh} contra grafica de Log P_{sh} contra de Log P_{sh} contra σ_v .

multiplicando ambos miembros por (1)^{-m} se obtiene:

El comportamiento de la gráfica en zonas ba-(SE TTT) jocompactadas es de una **divergencia** de valores de F_{sh} de latendencia normal, de la misma manera que en la têcnica pre-: LETEJEN OUT (TERE) sentada por Foster y Whalen. La estimación de la presión de (formación mediante este procedimiento consiste en:

1.- Determinar el factor de formación de los estratos lutíticos atravezados a partir de la ecuación --(AE.III) (III.28), donde R_{sh} se lee directamente del regis trub nominitro: eléctrico y B_{wca} de la curva de SSP para la arena más cercana al cuerpo lutítico y la utiliza ción de la siguiente ecuación:

is and used and and the state of the state o

$$SSP = -K_{SSP} \log \frac{R_{mf}}{R_{..}}$$

(111.36)

a) Se calcala el gradiente de temperatura e

10800

 $h_{T} = \frac{1a ecuación}{Profundidad del pozo} ecal$ Despejando

(III.37)

b) Se obtiene la te**rra** de la arena de la -

formación:

- (R_{mf}) obol eb obartili leb babivitaizer al $T_{mf} = 0$ = $\lambda_{T} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$ X Profundidad de la arena [m] (III.41) **intervente edb** laur al , ortaiger leb obazedarne leb anot es (III.41) da a una temperatura dada. Para usar la ecuación (III.33) -Rmf debe ser introducida a la temperatura de la arena co---"Trespondiente"a" 1a lettura de fu 389, spara lo bous lise inace at-117.19 para determinar con rapidiosiosi de gane de las our profundidades dondo se tienen lecturas de Rep.

 $R_{mf_1} (T_1[\circ C] + 21.54) = R_{mf_2} (T_2[\circ C] + 21.54)$ (III.38)

2. - Graficar Log Fab contra profundidad.

donde el valor de R_{mf} se encuentra despejando de la ecuación Chaterior: And L cost adioanat ab ustal as and - 3 fundified, encontrar la profundidad sobre la ten-To Low omain is easily as $\begin{bmatrix} T_1 & C \\ R_m f_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} T_1 & C \\ R_m f_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T_1 & C \\ T_2 & C \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 21.54 \\ 21.54 \end{bmatrix}$ on blood as a second seco (111.39)plomant house for there appended for entry conducts for uno cashabinationa and and lattemperatura de la arena cercana al cuerpo lutítico y puede ser determinada, usando los datos del encabezado del registro de la siguiente

manera:

a) Se calicalia el gradiente de temperatura introla Reserver e 60 + 0.35 T (°C) rozog

Desperando (0...III) Croje la ecuadión (201.32) osog leb babibnutore

(III.37)

(PE.171.

b) Se obtiene la températura de la arena de la formación:

La resistividad del filtrado de lodo (R_{mf}) -(14.111) [m] anera al eb babibnutorq X (m, 2°) [X = [2°] [X se toma de encabezado del registro, la cual debe estar medi da a una temperatura dada. Para usar la ecuación (III.33) -[111reg m se fidipsujjeg 2 a fa abgajgo 22 r 2 de la arena co---R_{mi} debe estar se co--lini debe se fidipsujjeg 2 a fa abgajgo 2 de la arena co--entito de la registro de la arena co--la figar ab babibnuter a fa babibnuter se de la arena co--se tomo de la registro de la arena co--la figar ab babibnuter dada a fa abgajgo a ga abo babivitalence asileupa a gab roley (a sebigar no ranimento ara el cui . asi de la arent se arena co---

 R_{mf_1} (T₁ (°c] + 21.54) = R_{mf_2} (T₂ (°c] + 21.54) (T17.38)

2.- Graficar Log F_{ah} contra profundidad.

aunde el valor de R_{mf} ac encuentra despejande de la acuación

3.- Para un factor de formación dado a una cierta pro fundidad, encontrar la profundidad sobre la tendencia normalipara la cual se tiene el mismo valor de F_{ab}. Dado que tienen el mismo valor, entonces

el esfuerzo vertical soportado por estas formacio ni di cidado de la obdocratico di objecti nes es igual parà las dos profundidades. Con D_{eq}, chinica de la profundidad le da sobre la difinea se designa a la profundidad le da sobre la difinea cidad de la diguidad de la diguidad de la diguidad recta.

1453 (314.85)

4.- Calcular la fracción de la presión de sobrecargasoportada por la roca (σ_v) de acuerdo con la siguiente expresión:

 $a_v = 0.535 D_e$ (III.42)



FIG.10- PERFIL TIPICO DE LA RESISTIVIDAD DEL AGUA -DE FORMACION,

(a) It mat we will do puck continuer parameter registration metavouto restections do torit.co. composite transite, con -metavouto domostad, etc.

-107- -801--

4.- Calcular la fracción de la presión de sobrecargasoportada por la roca (σ_v) de acuerdo con la siguiente expresión:



FIG ITT 19- PERFIL TIPICO DE LA RESISTIVIDAD DEL AGUA-

Beste método se basa en una relación matemáti

ca, la cual es válida para cualquier parámetro registrado, incluyendo resistividad de lutitas, tiempo de tránsito, co<u>n</u> ductividad, densidad, etc.



CA FRESTON DE FURMAGION



-110-

Si se utiliza la siguiente ecuación se encuen

tra directamente la presión de formación oxpresada en peso de lodo equivalente:

p
$$\left[PPG \right] = \frac{D_A - (D_R \times 0.595)}{0.052 \times D_A}$$
 (III.46)
(Ande **b** haden las mismas considerationes concernientes a
 $p/D \right]_n$ **9** s/D que las involutadas en la ecuación (III.44).
 $p/D \right]_n$ **9** s/D que las involutadas en la ecuación (III.44).
11 .2.5. Metoda del Exponente "d_c"
creissone emitricas, se usa ampliamente en la estimación
de lor presente los combros en el pero de lodo hacian-
titica: la trenetación. El exponence modificao "d,"
hitica: la trenetación de la gráfica de locario profia
hitica: la trenetación de la gráfica de locario profia
hitica: la trenetación de la gráfica de "d" contro profia
hitica: se usa ampliamente en la estimación -
de locaria de formación de la gráfica de locaria profia

G V C I G N N 10 V G

- semial and solve Partitute man and enter

¹⁰ Ju⁴ and the module and graves for left and sublimant state wething the state of a "d," is a state of a state of

Si se utiliza la siguiente ecuación se enquen tra directamente la presión de formación expresada en peso de lodo equivalente:

$$p [PPG] = \frac{D_A - (D_E \times 0.535)}{0.052 \times D_A}$$
(III.46)

donde se haden las mismas consideraciones concernientes a P/D n que las involveradas en la ecuación (III.44). s/D 2ATITUT DEL EDNIAVENLES LYCION CUVELCY 2.5. Metodo del Exponente "d." 33e ____

чі 0

DYDE2 00 "El exponente "dc", una bicnica basada en correlacion empiricas, se usa ampliamente en la estimación de las presiones de formación. El exponente modificado "d." se desarrd116 porque los cambios en el peso de lodo hacían dificil la interpretación de la gráfica de "d" contra profun didad.^E El éfecto del cambio de densidad en el fluido de pér foración se elimina con el uso del exponente "d."

5 80L1 # 016 # 0

Existe una gran similitud entre las formas de las gráficas de densidad de lutitas y los exponentes "d." lo cual conduce a pensar que las técnicas para la estimación de la presión de formación a partir del exponente "d," pue--

-- den deserrollerssobejoslessminnessessessestesles mitodesspera el cilculozespertirsdesdetesodessetividedistignesses sito, etc.

3.- Leer a la profundidad de interés el valor del ex añizauzacai normal de compac añizauzacai normal de compac añizauzacai normal de compac añizauzacai normal de compac-

4.- Estimar al valor del gradiente de sobrecarga a la

$$\mathbf{p} = \frac{\mathbf{S}}{\mathbf{D}} - \begin{bmatrix} \mathbf{S} \cdot \mathbf{a} \mathbf{B} \mathbf{T} \mathbf{p}_{1}^{\dagger} \mathbf{n} \\ \mathbf{D} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{d}_{\mathbf{c} \mathbf{0}} \mathbf{d} \\ \mathbf{D}_{\mathbf{c} \mathbf{n}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{d}_{\mathbf{c} \mathbf{0}} \mathbf{d} \\ \mathbf{D}_{\mathbf{c} \mathbf{n}} \end{bmatrix}$$
(III.47)

5.- Una vez estimado el valor del gradiente de presión -otneimibesorq_{ofma}stassagastasse (corseventatente de pres sión: glugiscostas de la constante de presua

ción(III.47).

1.- Estimar el exponente « para la zona en estudio, -- a republi sustituyendo, valores, conocidos, de gradiente de ---nos abustitupendo, de formación en la ecuación (III.47), escogiendo posteriormente un valor representativo.

Bize 2. - Establecer la tendencia normal del exponente "d "
 en los estratos normalmente presionados.
 Para esto es necesario tomar en cuenta el des gaste de la barrena puesto que, no hacerlo implica obtener - el perfil del exponente en forma contínua, siendo que en rea

-- etb sauareoliseverobeboeltes ménuagoir abied 2150 debetta el calçadertedatebettes debisés tintt d'artents nos de elto, etc.

-xe leb rolav le sèretni eb babibnulorq al a reel -.E -saqmos eb lamron älsmebnet calquedes PjBReBiesfanoqontinuación es la utilizada para calcular el.sbadiestnofespresión de for mación:

4.- Estimar el valor del gradiente de sobrecarga a la (74.III) profundidad⁶ de finterés. $\frac{2}{d}$ = $\frac{2}{d}$ = $\frac{q}{d}$

5.- Una vez estimado el valor del gradiente de presión -otgeimibecornormalt de formación; calcular el gradiente de pre sión: alla profundidad escogida utilizando la ecua ción (III.47).

1. - Estimar al exponente - para la zona en estudio, -

- 50 9546: Le Repitiendo 105 pasos 3 a 5 es posible llegar a --80 (74.111) construir un perfil de presión de formación con-lovistaneses tra profundidadises objectives company

^b constante a lo largo del perfil del exponente "d_c" y determinar las presiónes de formación con los datos observados.

			- m		
	B	protection		btalled	D, para determinar-
linea	de press	on se f	dime ci 6f	" PE	Beenta en el caso -
poso	Mata Mapi	NO NO. 1	×		
			 		
<u> </u>	Trener				The second s
i she ta sh	Manader				• III.22) que mejor
	-se ajus	ten a ge	e detos	del d	" para cada corrida
1.1.1	de la b	an and	Ca) 10	006.3	e logra sinetando
1.4	CBITUZPE.	191			
1	las ten	dencias	de : 28	Interva	los normalmente pre-
	sionado	s, de t	12-20-11	que to	las seen paralelas
	and a company descent		ALL DALLES AND ALL DALLES	-	
	Cosside	randd se	lamente	las ba	rrenas del mismo di
	'metro.	ELACIA	Inche		los incrementos de
		TIM			
	bidos a	1 delega	te de l	a-bar se	na y a la profundid
		IS I		ŝ	
	1 463/(1) 60	121 4	tr	1 200 100	
		1 M	11	0.14	
		N.	1		
		E)	aferen same		
		- 11-170	1		

de las líneas A-B, con sus respectivas líneas de profundidad al comienzo de cada nueva barrena. Es ta línea reflejaría el comportamiento del exponen te "de" con la profundidad si las barrenas no se desgastaran.

3. - Se construyen las lineas de presión de formaciónconstante, usando un gradiente de sobrecarga pre viamente calculado a partir del registro de densi

116 TU 22 "GRAFICA DEL EXPONENTE" de" CONTRA PROFUNDIDAD EN EL POZO MATA ESPINO (01 - 8

FIG. III. 22- GRAFICA DEL EXPONENTE "de" CONTRA PROFUNDIDAD EN EL POZO MATA ESPINO



₫.

leb

10:10

204

RC

presenta en el caso -Fig. III, 22) que mejor "d " para cada corrida

se logra ajustando -

Ince valos normalmente pre-

o datal ado, para determinar-Line in

las linea ob : st. del pozo 4

1

1977年1月1日

A

291

1.86 WHE

60)7M

131 69 17M

195

ÐΒ

113

6n

861 1

noh

N ouige:

de 0.94 psi/pie, calculándose primeranents yneo

profundidad equivalente, D., a la cual el esfuer-

- Laupi as ang fi ingeregerederedereder leghtievienes de profun-

paralela a C-D, hacia arriba, hasta la línea de profundid $\left(\frac{dqdccccccc}{dq} = \frac{dcccc}{ccc}\right)^{-1}$ icia la corrida, y a par-tir de este punto tranar una línea paralela A-B hacia abajo, ha**terois** iobne *qui i fa* adidad corres pondiente al final de dicha corrida, determinando el punto G (Fig. III.22).

4.- Usando valores arbitrarios para D, calcular D_e f_e Conectar ol punto G con el H (intersección de E-F y leer d_{cp} de la línea C-D a la correspondientecon in Linea de profundidad el contenso de la co- D_e calculada. Trida de la barrens). Esta linea representa a la

abigentos $f_{\text{int}} D = 5000$ piestin $D_e = 2145$ piest y sobre la meq of synadul [Theand C=D as 2145 piest of $d_{CP} = 0.8$.

andre prost.

5.- Graficar los puntos d_{cp} y sus correspondientester uscher de profundidades D, y trazar la línea E-F a través mode units de ellos. Se requieren solamente dos valores de-

d_{cn} si se considera sobrecarga constante.

Si se emplearan barrenas que no sufren desgas te, los valores observados del d_c sobre la línea E-F serían-

-117- RIC.

(04.111) pondiente al final de dicha corrida, determinando $\begin{array}{c} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 \end{array} = 0 \\ 0 \end{array}$ el punto G (Fig. III.22).

J.- Starrest los puitos dep y sus merespondientes-

- Rivers 8. - Repetir el procedimiento anterior hasta haber tra

requierancoardos arealar de la

streamstearan hurrenas que 18 sutren aventes

is the value of the del d, sobre la fine before "an-

-118-

9.- Estimar la presión de formación a la profundidad-VI O LUTIGAO de interés y la correspondiente al punto de inter sección de la curva del exponente "de" con una de ASUTOASIAN LINNAS de presión gonstantes OIGUTES

10. - Repetir el procedimiento propuesto en el paso an-

ab establishing ab filling au restances attach roires
b) A través de experiencias de campo y laborato
c) a contras en escon la babinutorg arinos noisera
c) a contras en escon la presión que soporta una roca sin
que se fracture, es función principalmente de su resistencia
e) a ritraga (74.111) noiseuse el est encuentra sometida en el sub
e) a ritraga (74.111) noiseuse el est encuentra sometida en el sub
e) a ritraga (74.111) noiseuse el est encuentra sometida en el sub
e) a ritraga (74.111) noiseuse el es encuentra sometida en el sub
e) a ritraga (74.111) noiseuse el es encuentra sometida en el sub
e) a ritraga (74.111) noiseuse el est encuentra sometida en el sub
e) a ritraga (74.111) noiseuse el est encuentra sometida en el sub
e) a ritraga (74.111) noiseuse el estadoro por si misma,
e) a contimetro cuadrado y se ha observado que is formación de sobrecarga.
fracturan a presiones inferiores a la presión de sobrecarga.
e) se estudiantes de presión de l'actura, en ente traba
o) se estudian tras e las más du l'irador. So considera con
jo se estudian tras e las más utilizador. So considera con
gue jar brovemente las vertajes que se obtienen con ol concelas.

e ob dokante di sende er marresto som attriki.

-Associated a function of a structure of a measure of

-119-

9.- Estimar la presión de formación a la profundidad-VI OLUTIGAS de interés y la correspondiente al punto de inter sección de la curva del exponente "d_c" con una de

ESTUDIO DEMASSION DILEME DE ASTEL SARACTURA

10.- Repetir el procedimiento propuesto en el paso anterior hauta encontrar un perfil de gradiente de otarodal y ogmas ab maisneiregre ab asvart A presión contra profundidad del pozo en estudio. nia apor anu atrogos aup noisarg al aup obartnoone an es oir que se fracture, es función principalmente de su resistencia Se recomienda adicionalmente calcular el vay de los esfuerzos a los que se encuentra sometida en el sub les del exponente « de la ecuación (III.47) a partir de los , smaim la ros noiser al activa de los , smaim la ros noiser al activa aup signation por si sub signation por si sub signation de los securitor de los datos de presión de formación calculados en el paso 9 del roq somargolix es cancos canu es años abneicas apoev asrar centímetro cuadrado y se ha observado que las formaciones se fracturan a presiones inferiores a la presión de sobrecarga. En las últimas décadas se han publicado varios metódos para estimar los gradientes de presión de fractura, en este traba jo se estudian tres de los más utilizados. Se considera con veniente, antes de iniciar el estudio de estas técnicas, bos quejar brevemente las ventajas que se obtienen con el conoci miento de los perfiles de presión de formación y de fractura.

Existe una diferencia entre la presión de formación y la presión de fractura, que permite toleranciasfuncionales en la densidad de lodo utilizada durante la per foración, como se ilustra en la Fig. IV.1. Por simplicidad, durante esta discusión se considera que prevalece un balance perfecto entre la presión de formación y la presión hidrostá tica ejercida por la columna de lodo. Las tuberías de reves timiento protegen a las formaciones merforadas y al aguierode la contaminación y los peligion de perforación. La Fig. IV.1 muestragelopunto de acentamiento de la primera tubería a profundidad D, ; bajo las condiciones de revestimien de presión presentadas en este popor la perforación puede continuarse hasta 14 profundiand D2; abado de este punto, 1a perforación sin una nueva fubería de revestiniento, se vuelve peligrosa, ya que en **elguna parte abajo de la zapata de** la tubería asentada a la profundidad D1 se tendrán pérdidasde circulación debidas al fracturamiento. Lo descrito ante riormente puede observarse siempre y cuando el trabajo de ce mentación-de-la-primera-tubería-haya-sido adecuado, ya que de lo contrario se presentano canalizaciones atrás de la tube ria. Ganifero arribe Coasionando berdidas de lodo antes de llegar la perforación a la profundidad D2.

DE UNA NUEVA TUBERIA DE REVESTI-

MIENTO

Es evidente, por tanto, la utilidad del cono cimiento del gradiente de fractura. A continuación se inicia este estudio con la exposición de un método de medición, en el campo, de la presión de fractura. Los datos recabados a partir de estas pruebas son de gran utilidad en la aplicación de las técnicas de evaluación que se apuntan posteriormente. durante esta discusión se considera que prevalece un balance perfecto entre la presión de formación y la presión hidrostá tica ejercida por la columna 🐲 lodo. Las tuberías de reves timiento protegen a las forfeiones renteradas y al. aquieroperforación. La Fig. de la contaminación y los pel IV.1 muestran iousante le agentamiente de la primera tubería de revestimiento a la profundidad D, ; bajo las condiciones de presión presentadus en ente pozzala puroración puede continuarse hasta 1/ profundiad Dor abodo a este punto, la perforación sin una nueva obería de revertantento, se vuelina parte abajo de la zapata de ve peligrosa, ya que en 💦 1. tuberia asentala a 1 m fundidad DI se tendrán pérdidas-Acturamiento. Lo descrito ante de erreulación debidas N liempre y cuanto el trabajo de ce avreade sheng of aparty - eup sy , Seuce ានវារាសព otrationes atrés de la tube Ol ak - of costas obol efiguiv, i) - Diagramai Esquematico - Mostrando, et -

DE UNA NUEVA TUBERIA DE REVESTI-

MIENTO.

debb Labititu al , dans rog , danshroud IV. 1. MEDICION DIRECTA. IV. 1. MEDICION DIRECTA. IN ACCOUNTED A Constant of develop of the constant IN ACCOUNTED A CONSTRUCTION OF THE ACCOUNT OF THE ACCOU

-122-1-1-

rrena adecuada con herramienta y tuberla de perforación, lug go se prueba la tubería de revestimiento de acuerdo a sus es pecificaciones para verificar que no hayan fugas. Se perforan de 5 a 10 metros y se levanta la barrena hasta la rapata guía, se cincula³ a⁰ Tuberido de perforación hasta que teda lacolumna quede acondicionada con una densidad igual, se opte-rran los preventores anulares y se contienza a bombear lodo lentamente por la tubería de perforación hasta que se za la máxima presión y emplesan a notarse las fugas de fluiudo.

Para probar formaciones a varios cientos de-

30 \$43 .33

123

400

1001

metros abajo de la zapata se procede a aislar la formación por medio de empacadores y llevar a cabo el mismo procedimien to que se sigue para formaciones abajo de la zapata guía:

Al estar inyectando lodo, se construye una gráfica de volumen inyectado contra presión de inyección como se muestra en la Fig. IV.2. Generalmente el ritmo de bom 300A38M08 23188A8 beo es de 0.5 a 1.5 parriles/minuto de aguerdo con la forma-200A38M08 23188A8 ción que se esté probando. El comportamiento de la presiónes de aumento en forma lineal con respecto al volumen de lo do inyectado, esta tendencia continúa hasta que se llega al punto A donde los datos comienzan a divergir hacia la derecha formando una curva. Este punto corresponde al momento - rrena adecuada con herramienta y tuberta de perforación, lue go se prueba la tuberta de revestimiento de acuerdo a sus es pecificaciones para verificar que no hayan fugas. Se perfoxan de 5 a 10 metros y se levanta la barrena hasta la zanata guía, se circula **turrena de perforación hasta que teda la**columna quede acondici nata en una densidad igual, a **obte**tran los preventes anulares y a contenza a bombear lodo lentamente for la tuberta de perforación hasta que se **elan**za la máxima presión y contenza na totarse las fuero do.

Para probar formaciones varios ciencos demetros abaje de la zapata se procede a aistar la formeden por medio de empacadores y llevar a cabo el nismo procedimien to que se s que para formaciones abajo de la apata gings

100

Al estar inyectando lodo, se construye una quárica de <u>colomer unvectado contra presión de invección co-</u> es ao muestra en la Fig. IV.2. Generalmente el ritmo de bou soco es de 0.5 a**ll'aj hoisade 36 Opérnotrajmente de ritmo de bou** bee es de 0.5 a**ll'aj hoisade 36 Opérnotrajmente de la presión**ción que se esté ricobando. El comportamiento de la presiónes de namento en forma lineal con respecto al volumen de la la enjectado este tembenota continúa hasta que se liega de la enjectado este de contenera continúa hasta que se liega cuesta contenera a divergir hacia la dereces eup otseur .obiul? rates a se maigre angierree de lo pue en in la Fig. IV. 9 se maigre angierree de comportantento con respecto de esternation de comportantento con acteriatico de esternado doi es nemulou se les denomina iluidos plásticos de Sheddad obol es nemulou

 animoneb el es A otrug le ne noiser d'interniento tipi-La Fig. IV. nuest a comportamiento tipila bestocation. Se nors de la comportante de providere a co de un fluido de perioracion. Se nors de priserios de priseries an miento es semejante al de un libido prestros de priserios de priserio el es excepción de que presenta una porcion curva en como una zona de ritmos pequeños, la cual puede considerarse como una zona de transición que se presenta d' pasal de la fector de movimiento.

(1.90) tamiento es idéntico a un plástico de Bingham.

Ismion oficianti en cons el esto oficializado normalianos.
se les denomina fluidos newtonianos.
scontoria en consector en

that contractor for the other same water sale of first-

(5101)

-125-

on se estadore de presión de presión con respecto al mismo competito de lodo herrento de presión con respecto al mismo volumen de lodo herrente estado de point respecto al mismo

- snimonab al es A otnug is na nois of the population of the second terms of terms of

Considerando que la zona de trabajo normal -.gonsinotwen sobluil animonab sei es queda situada más alla de la zona curva, para fines prácticos puede despreciarse esta zona y utilizar ûnicamente la partepuede despreciarse esta zona y utilizar ûnicamente la partegueda de la curva. Para obtener un modelo matemático que de la curva. Para obtener un modelo matemático que defina el comportamiento de un fluido de perforación, se pue desora lo comportamiento de un fluido de perforación, de esdesora la parte recta de la gráfica y obtener, de esde extrapolar la parte recta de la gráfica y obtener, de esta manera, un punto de cedencia ficticio. To de constitue ela parte recta de la gráfica y obtener, de esde de la curva de cedencia ficticio. To de constitue elástico de un fluido de perforación de un de constitue de cedencia ficticio. To de constitue elástico de la gráfica y obtener, de esde de constitue elástico de la gráfica y obtener, de esde de curva de cedencia ficticio. To de constitue elástico, elícula de la de de de constitue de la constitue de constitue de la gráfica y obtener, de esde de constitue de la gráfica y obtener. de de constitue de la constitue de la constitue de la constitue de la de la constitue de la constitue de la constitue de la constitue de constitue de la de la constitue de la consti

 $\tau = \mu_{p} \frac{d_{v}}{d_{y}} + \tau'_{o} \qquad (1V.2)$

-126-

Es conveniente aclarar que el punto de ceden cia ficticio es diferente del punto de cedenci real; sin em bargo, en la práctica **esta circuna del constructione en cá**lculode la resistencia del gel del **real debe corrego la presión de** tancia esclaro el por qué se debe corrego la presión de fuga por efectos **esta resistencia del gel del fuga por efectos de resistencia del gel del**

Se recomienda registrar vilos más

adelante **Guir no 30 conclosm ornsing rows se ha alcanzado el límite** de fractur **MARENNO DO CATEAN WAN CHARIOTESM** la gráfica de la Fig.-IV.2, la bomba se apaga y se observa el ritmo de descenso de la presión, la cual es una información muy útil al evaluar la calidad del fracturamiento.

La presión de fuga, la presión de fractura se calula sumando a la presión de fuga, la calón ejercida por la columna de loio, anto columna corregida por presión correspondiente al punto de cedenein del lodo, bal como se a masa en la --

(C, VI)

The second second second

-127-

Es conveniente aclarar que el punto de ceden cia ficticio es diferente del punto de cedencia real; sin em bargo, en la práctica del primero conversione el cálculode la resistencia del gel del rodo. Depresión a esta circuns-tancia es claro el por qué se debe corregia la presión de fuga por efectos de la resistencia del gel del OUIUJA OWAINOTWAM

Se recomienda registrar varios puntos más -

adelante de A, para asegurar que se ha alcanzado el límite -OUUJI NO 30 00100J038 OTN 31MATRO9M00-& YL 313 de fracturamiente 0 0002 DE punceABROIdenta gráfica de la Fig.-IV.2, la bomba se apaga y se observa el ritmo de descenso de la presión, la cual es una información muy útil al evaluar la calidad del fracturamiento.

La presión de fractura se calcula sumando a la presión de fuga, la presión ejercida por la columna de lodo, anteriormente corregida por la presión correspondiente al punto de cedencia del lodo, tal como se expresa en la -ecuación:

$$FP = P_{fg} - P_c + (\rho \times L) \qquad (IV.3)$$

-zeb indicaunitance a editoreb as aup al ze , ? eb olucito 1.
esfuerzo es horizontal, en tanto que para aquellas que son estuerzo es horizontal, en tanto que para aquellas que son características de esfuerzos horizontales compresionales, el menor esfuerzo es vertical. En aquellas zonas donde el menor esfuerzo es horizontal, las fracturas que se producen tien--, (, 9) ndicalucation al rabini araq airasecon ndicerq al esob esfuerzo es horizontal, las fracturas que se producen tien--, ateq (E.VI) ndicauce al ne otramotives que se producen tien--, actor verticales, y la presión de fractura es menor que la sobrecarga, en oposición a las zonas donde el menor esfuer es que se presenta es vertical por lo cual las fallas tien-zo que se presenta es vertical por lo cual las fallas tien-den a ser horizontales y las presiones de fractura a ser mayo den a ser horizontales y las presiones de fractura a ser mayo teston tan los tipos de sobrecarga. An actorise de cada una de las res que la presión de sobrecarga. Actorecenterísticos de cada una de las tan los tipos de fractura a ser mayo

En esta parte se presentanalosamétodosadesa-

Hubbert-Willis, Matthews-Kelly y Eaton para la estimación -Edel gradiente de fractura apartir de datos de registros de -densidad y conociendo de antemano elegradiente de presión de Monsidad y conociendo de antemano elegradiente de presión de Monsidad y conociendo de antemano elegradiente de presión de Monsidad y conociendo de antemano elegradiente de presión de Monsidad y conociendo de antemano elegradiente de presión de Monsidad y conociendo de antemano elegradiente de presión de Monsidad y conociendo de antemano elegradiente de presión de

IV.2.1. Método de Hubbert y Willis

th.VIS

A partir de observaciones teóricas y experimentales de fracturamiento en rocas se ha encontrado que el plano de fractura es normal al plano de mínimo esfuerzo. Las rocas del subsuelo están sujetas a tres esfuerzos principa-les los cuales son diferentes y perpendiculares entre sí. Pa ra áreas relacionadas con fallamientos normales, el menor -

A & 14 4 4 4

- 116 F

ol cálculo de P., os la que se describe a continuación: desesfuerzo es horizontal, en tanto que para aquellas que son puòs de efoctuar la pruoba de fractura se esperan 10 minutos características de esfuerzos horizontales compresionales, el y se hace functionar la bomba con el preventor abierto, midien rome le ebnob sanor salleupa na .lapitrev se ograufte ronen dose la presión necesaria para iniciar la circulación (P_c) ,esfuerzo es horizontal, las fracturas que se producen tien-substituyendola posteriormente en la ecuación (IV.3) para den a ser verticales, y la presión de fractura es menor que ostimar PP la sobrecarga, en oposición a las sonas donde el menor esfuer zo que se presenta es vertical por lo cual las fallas tien-den a ser horisontales y las presiones de fractura a ser mayo res que la presión de sobrecarga. Arna la Fig. IV.5 se presen tan los tipos de fractura característicos de cada una de las En esta parte se presentanzabanoliananse acos-

- Mubbert-Willis, Matthews-Kelly y Eaton para la estimación <u>neugne</u> est**errout et cenergeit** par une **est**enco de registros de <u>hutinem ne claupices serroude</u> en el estimation diterre se registros y tobiuli teb noiserq al es amus al a , oirarno obitnes el estus el esturo vertical efectivo sobroque obstroque el esturo diterre se parte el esturo obitnes el esturo contrario en esturo diterre se parte el esturo contrario esturo de se anus el esturo diterre se parte el esturo de se parte el esturo diterre de se anus el esturo diterre se parte el esturo de se anus el esturo de se anus el esturo diterre de se anus el esturo diterre se anus el esturo diterre de se anus el esturo de se anus el esturo diterre de se anus esturo diterre de se anus el esturo de se anus el esturo diterre de se anus el esturo diterre diterre de se anus el esturo de se anus el esturo de se anus el esturo de se anus esturo de se anus esteres de se anus esturo de se anus esteres de se an

1V.2.1. Mercale de Hubbert y William

$S = p_f + \sigma_v \qquad (IV.4)$

A partir de observaciones teóricas y experi-

- . House is the function protecting $p_{i} = - (10.5)$

Rajo condiciones de fallamiento normal se -

tiche que el mínimo esfuerzo principal es horizontal y tiene un valor que varía aproximadamente entre 1/3 y 1/2 del esfue<u>r</u> zo vertical soportado por la roca, de lo cual se puede expr<u>e</u> sar:

(IV.6) Royan	$\frac{1}{2}$) σ_v	$\sigma_{\rm H} = (\frac{1}{3} a$	ENOR D	
te ser represen-	ta la roca puec	cal que sopor	esfuerco versi	e1 e
sobreada y 1	la presión de s	repris entre	o como la difen	tado
E hodemos repres	aaión (IV.6) 1	lo que la ee	emación, cor	A MAYOR
$\overline{\mathbf{z}}$			ALL COM	
(IVI)	(34 - 8)	$0 = \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{2}\right)$	11]

Superitaryando la actación (IV.7) en (IV.5) y dividiendo por la protundidad se obtiene que el gradiente de presión do fractu-ROCA ANU ADITENOS ATES QUE ESTA SOMETIA NOISEN-E-VI.BIT EL CS: NATNESENT SUP OSITEIRETSARAS ARUTSART EL OPIT JE Y

 $(\mathbf{a}_{\mathbf{d}}^{\mathbf{d}} = \frac{1}{2}) \quad (\frac{1}{2} = \frac{1}{2}) \quad (\frac{1}{2} = \frac{1}{2}) \quad (\mathbf{a}_{\mathbf{d}} = \mathbf{b}_{\mathbf{d}})$

R: Presente de persión de fractura, como pug de successes de la constant, et tuncién de las gan de terme a constant e constant a constant, et tuncién de las de termes de constant e presión constituin un un tuncturatur a fin a fin de terme esté sometét in un tructuraBajo condiciones de fallamiento normal se tiene que el mínimo esfuerzo principal es horizontal y tiene un valor que varía aproximadamente entre 1/3 y 1/2 del esfue<u>r</u> zo vertical soportado por la roca, de lo cual se puede expr<u>e</u> sar:

$$\sigma_{\rm H} = (\frac{1}{3} \ a \ \frac{1}{2}) \ \sigma_{\rm v}$$
 (IV.6)

el esfuerzo vertical que soporta la roca puede ser representado como la diferencia entre la presión de sobrevarga y la de formación, por lo que la esuación (IV.6) la podemos repre ROWEN ROYANSentar como: $\sigma_{1} = (\frac{1}{3} = \frac{1}{2})$ (S - p_f) (IV.7)

Sustituyendo la ecuación (IV.7) en (IV.5) y dividiendo por la -utorf el nôiserg el estator el esta sometido el proport en trates el relacion ENTRE LOS ESPUERZOS A LOS QUE ESTA SOMETIDA UNA ROCA ra es: y EL TIPO LA ESPUER CARACTERISTICO QUE PRESENTAN

$$FPG = p_f / D + (\frac{1}{3} a \frac{1}{2}) (\frac{S}{D} - \frac{p_f}{D})$$
 (IV.8)

El gradiente de presión de fractura, como pue de observarse en la expresión anterior, es función de los gra dientes de sobrecarga y de presión de formación, así como tam bién de los esfuerzos a los que está sometida la estructurade la roca. - ob aditerq ob eigephere (fe genierestebr entación gráfica - le riupes chaejecogripe codo de conservant, al a sautbartde los gradiente de preires codo de coira sebmotantibeborge toma al gradiente de preires de preires de coira sebmotantibeborge

, ndicamon ab ndicarq ab atnaibarp le animratab a? -. 1. noo aotirosab aobgiég_ragi_regi_rep_savejupland ohnobilge gráfica, consistêrer el balance con la presión de formación, a partir de mantener el balance con la presión de formación, a partir de -terpendos ghierug_ieb_ietnejietne_iobibni secono serve densidad -terpendos ghierug_ieb_ietnejietne_iobibni secono serve densidad pontalmente con la línea del gradiente dabipeleón de forma-ción. Posteriormente, utilizando como abscisa la del puntoter negres de seciente del pradiente dabipeleón de forma-ter negres gelegies de seciente del pradiente dabipeleón de forma-baje gradiente con la línea del gradiente dabipeleón de forma-ter negres gelegies de seciente del puntoseción. Posteriormente, utilizando como abscisa la del puntoter negres gelegies de seciente seciente dabipeleón de retical ter negres gelegies de seciente de seciente dabipeleón de forma-ter negres gelegies de seciente de seciente de seciente de secientes de secien

4.- Repitiendo los pasos anteriores, a diferentes pro -detalib al fundidades, secobtiene un perfil del gradiente de Em v reminim fractura conclasprofundidad. Here el entre a -999 el establero le ne estense del presión en las -999 el establero le ne estense de presión en las de nodería el Bajo condiciones normales de presión en las formaciones (0.465 psi/ft) y con un gradiente de sobrecargade 1.0 psi/ft (considerado para la sona de la Costa del Golfo), los límites de los gradientes de fractura son: 0.64 --psi/ft y 0.73 psi/ft mínimo y máximo respectivamente. - ob ndisorg ob offering (iv. Space representación gráfica de los gradientes de fractura de y minimos, slasqual surtoma al gradiente de presión de sobrecarga scomor constanter de igual a 1.0 psi/ft.

1. Se determina el gradiente de presión de formación nos sol descritos con consiste en determination de formación, a partir de mantener el balance con la presión de formación, a partir de mantener el balance con la presión de formación, a partir de "la determination de formación, a partir de "la determination de formación, a partir de "la determination de formación de formación de formacomo ordenada, se determination de formación de formación. Posteriormente, utilizando como abscisa la del punto-"de Intersección, se de fractura" la des des corte de las líneas "la de intersección pose de fractura" leyéndose en la escala vertical los pesos de lodo minimo y máximo requeridos para fracturarla formación.

d. - Reputerdo tos pasos anteriores, a diferentes pro

⁹⁵ establican fel Como se observa en esta gráfica, la diferencia entre los gradientes de presión de fractura mínimos y má ximos. Se reduce con un incremento en el gradiente de presión de formación. Por tanto, las presiones adicionales que se presentan, al introducir y sacar la tubería de perfora---- ción o al empezar a bombear, llegan a ser de gran importan--- ciá con gradientes de presión de formación altos.

and the additional transmission of the second se



ción entre los gradientes de provide y de tractura que difie re del modelo anterior en la introducción del desficiente de esfuerzo de la matriz de La ecuadide propuesta por este mé todo es la siguiente:

del d

Willis

ion be

 $FPG = p_f / D + K_i d_v / D \qquad (IV.9)$

Las experiencias de campo indican que en

ârea de la Costa del Golfo, las predicciones

ractura a partir del método de Hubber

hers y Kelly

radas con datos reales de campo

2.0

5001 × 16

un gradiente de presión constante no es reul, por

El coeficiente de esfuerzo de la matriz es -

una variable que relaciona los esfuerzos vertical y horizontal soportados por la roca, y debe ser estimada a la profundidad a la que el valor de σ_v sería el esfuerzo normal de la matriz.

0.1 0.0 a.0 Los valores de la variable adimensional, K_i, pueden obtenerse para cada área en especial por substitución

-- densities de campo de noisert es composed es actuales de souseres -- estates de composed de los limites maximon maimo de los los estates de sectores de sectore

la cual se deriva de la ecuación (IV.9).

 $K_{i} = \frac{D}{\sigma_{i}} (PPG - \frac{P_{f}}{D})$

Las presiones de fractura, a faita de medi-ciones directas, pueden evaluarse a partir de información acerca de pérdidas de circulación de lodo durante⁰⁰⁰la perfora ción, cementaciones forzadas, etc. En la Fig. (IV.7) se -muestra la relación del coeficiente del esfuerso⁰de la matriz con la profundidad, para el área del sur de Texas, E.U.A.

(IV.1))

0008

and a second sec

Para aplicar la técnica desarrollada por --Matthews y Kelly en el cálculo de los gradientes de presiónde fractura, se sigue el procedimiento descrito a continua-ción:

> - En primer lugar, se construye una gráfica similar a la de la Fig. (IV.7), utilizando datos corres-pondientes al área en estudio, por el procedimien to descrito anteriormente, con la finalidad de encontrar los coeficientes K_i apropiados a las di ferentes profundidades requeridas.

2.+ Determinar la presión de formación a partir de di XIRIAM & LAU OSU HE DECODO FORMALIENDO de la vinformación -AU RITRA ferentes métodos FORMALIENDO de la vinformación disponible MA (ver scapitulo III) en j

-137-
la cuil se deriva de la ecuación (IV.9).

Las presiones de factura, a falta de medciones directas, pueden evalutrse a partir de información acerda de pérdidas de circolación de lodo durante la perfira ción, cementaciones forzidas, etc. En la Fig. (IV.7) se muestra la relación ded coeficiente del esfuerzo e la mariz con la profundidad, para el área del sur de Texas, E.U.A.

 $K_{\rm I} = \frac{D}{\sigma_{\rm V}} (\rm FPG - \frac{\dot{\rm P} {\rm c}}{\rm D})$

(C.VI)

Para aplicar la técnica desarrollada por --Para aplicar la técnica desarrollada por --Nutthews y Kelly on el câlculo de los gradientesses pressondo fractura, se sigué el procedimiento descrito a continua--

In primer lugar, se construye una gratten sim lar a la de la rig. (IV.7), utilizando datos corresponduentes la fren en estudio, por el precedinien to descrite anteriormente, con la finalidad d menter la coaficientes K; apropriados a la di finalidad.

GETICIENTE DE COVERES SE LA MATRIZ CON LA PROFUNDIDAD. CURVA AJUSTADA A PARTIR DE LOS DATOS DE MATTHEWS AND KELLY

0.1 - Calcular el esfuerso vertical efectivo soportado-0.81 por la roca a partir de su relación con la presión de sobrecarga/y la de formación, ecuación (IV.4) cuando se frata de hacer el calculo en sonas anor males, es necesario determinar la profundidad Di, para la/cual el/valor de o, del punto en estudio 0001 1 seria al valor normal, mediante la expresión: GRADIENTE DE PRESION C 1870 DE FORMACION NORMANY 3> corresponde a la zona anormal y p_f/D al donde o. C gradiente de presión del área. 8 0 1 Con la/profundidad equivalente, Di, encontrada en 015 el paso anterior, se entra a la gráfica construida én/el primer paso del procedimiento, para encone"3 trar el valor correspondiente de Kj. -151 30 -00 A partir de la ecuación (IV.9), se calcula el gra diente de presión de fractura. ··· 1 1. 1 7.- Repitiendo este procedimiento a diferentes profun didades, es posible obtener la variación del gra-£ 1 81 (399) diente de presión de fractura con respecto a la -FIG IV 8 - RELACION OIDUTED IN SOCO SIDDED DEDUDUTORO FUNDIOAD, DEL AREA A U B OFERA SEE URLED BUS

Calcular el bafuerzo vertical efectivo soportado-17.0 20 per la roca a prtir de su releción en la presión sobrecarga y la de formación, ecuación (IV.4), 4.- Cuando se frata de hoer 1 caculo en zonas anor males, es necesario determinar la profundidad Di para la cual el valor de o, del punto en estudio 1000 seria Al valo normal, mediante la expresión: GRADIENTE DE PRESION (II.V 0 DE FORMACIÓN NORWAL for esponde a la zona anormal y p_f/D al donde a 0 🖋 presión del área. ordie 0 a profundidad equivalente, D;, encontrada en 10 lao anterior, se entra a la gráfica constivid of primer paso del procedimiento, gara enconfar el valor correspondiente de K. - 12 A partit de la ecuación (IV.9), se calcula el gri diente de presión de fractura. 14 The separation eate precedimiento a diferentes prates 18 13 15 T BE & GROWS TE:DE:FRACTURA"CON:LA:PROFUNDIDAD.DEL AREA Fig. 12-8 - RE LA COSTA DEL GOLFO E.U.A.

(IV.14)

$a_{V_0} = (\frac{v}{v-1}) + a_{1q} = 2qq$ La construcción de este tipo de gráficas para

una cierta área en cuestión, requiere del conocimiento del -La equación (IV.14) se conoce como "La ecuacoeficiente K_i con la profundidad del campo en estudio. ción del gradiente de fractura de Baton", y en la cual se ob serva que d'a gradiente de presión de fractura es función de - ob y ndly.2x3d Nétodo de Eaton I ab thoastod sh adistant al ... rresión do sobrecarga, que son considerados a diferenciade los mérodos unteriores como varíablos contrespecto a la -Esta técnica se basa en los trabajos desarro profundidod. So observa además, que la equación presentadallados por Hubbert y Willis. Tomando en cuenta las propieda usisoldung Cant canto (8.VI) adianate el a strongeno acidi reg des elásticas de las rocas, se ha encontrado que, por mediode la relación de Poisson, los esfuersos vertical y horizon tal soportados por la roca se pueden relacionar por medio de The most reput the termination and the state of the la siguiente expresión:

 $\sigma_{\rm H} = \left(\frac{v}{1-v}\right) \sigma_{\rm V} \qquad ({\rm IV.12})$

-141-

• all ablaerq al .ejnergoir dive poient this con fines practicos al eb cibes roq eigeneberivorae estinited ele fractura. • esta grafica el calculo del gradiente de presion de fractura. • esta grafica se encuentran incluidas las variaciones del gradiente de presión de fractura con la profundidad, para di (ci.vi) (ci.vi) (ci.vi) (ci.vi) te la curva correspondiente al peso de lodo equivalente al gradiente de presión de fractura con la profundidad, para di (ci.vi) (ci.vi) (ci.vi) te la curva correspondiente al peso de lodo equivalente al gradiente de presión de formación de lodo equivalente al gradiente de presión de formación de lodo equivalente al gradiente de presión de formación de lodo equivalente al gradiente de presión de formación de lodo equivalente al gradiente de presión de fractura.

$$FPG = p_f/D + \left(\frac{v}{1-v}\right) \sigma_v/D \qquad (IV.14)$$

La construcción de este tipo de gráficas para

ona cierta Grea en cuestión, requiere del conocimiento del -La ecuación (IV.14) se conoce como "La ecuacoefficiente K, con la profundidad del campo en estudio. ción del gradiente de fractura de Eaton", y en la cual se ob serva que el gradiente de presión de fractura es función de la relación de Poisson, de las presión de las formación y de la presión de sobrecarga, que son considerados a diferenciade los métodos anteriores como variables con respecto a la -Seta ráchica se hasa on los trabajos desauro profundidad. Se observa además, que la ecuación presentadailados por Hubbert y Willis. Tomando en cuenta las propieda por Eaton comprende a la ecuación (IV.8) como caso particular the elferrear de las rocas, se ha encontrado que, por medioy es similar a la de Matthews y Kelly. we have for the bolance, ics estnereds verbically herizon tal sepretator par la roca se paeden relacionar por meden du

El cociente de las relaciones de Poisson demilitarité de las relaciones de Poisson debe establecerse para cada área en particular, con la ayuda de datos de campo, a través de la siguiente expresión: (11.1)

-142-



Para determinar el gradiente de presión de fractura, utilizando este método, se recomienda seguir el pro cedimiento descrito a continuación:

> > The second of the second states of the second second states and

-143- . .

新 許 经公司抵付 建合金



-144-841-

areas de interde, opn la synda de datos de ca y 14 equación (IV. 16), a pertir de las cueles 2000 posible estimar el valor de la relación de Poisson correspondiente a la profundidad paquerida. 000A 2.- Estimas willigsellenge de prisión de formación apli 10 11 112 13 14 15 16 17 as tenices presentadaso en cando qualquiera de el Capitulo/III 3 0008 esfuerso vertical soportado por la ro 3.- Caldular/el/ partir de los datos extraídos del registroðá 00001 ---dessidad y usando la ecuación (IV.4). 100 17256 Evalpar/el gradiente de presión de fractura (utili zando /la ecuación (IV.14) para la profundidad ele gid 00011 0 di. Con la repetición de los pasos anteriores a dife-00001 rentes profundidades, es posible construir un per fil de la variación del gradiente de presión de fractura con la profundidad. 0008+ 05 91 84 En la Fig. (IV.10) se presenta una gráfica -FRACTURA (PPG) presión de fractura, la cual represente la variación del gra

diente de fractura con la profundidad para diferentes valores



-146- 141-

de la presión de Sounación. Hots prélies des proparada con datos del fires de la Costa del Golfe, S. U. A., para lo cual considera una variación promotio de la densidad con La profundidad para la estimación del gradientes de cobrecarge.

En el apindice C es program dos program mas de câlquio uno para utilisario en Doubledoras T.I. 58 6 59, y otro en HP-41C""Bill's "la estis de del gradiente de fractura por madio de los tres mito anteriores. Los programas manejan independientemente a bada uns de ellos, éstose evelga el gradiente es, a partir de los datos disposible de fractura por cualquiera de las tionicas pencionadas, con-WHERE DE PRESENT junta o independiente. DE FOREACION CALCULADO 11

IV.2.4. Aplicación Práctica de Resultados

PRESION CE

fica de la **Eug**; RECUNERTICO LOS datos presentados en la grácontricto de la **Eug**; RECUNERTICO ARA ARUS DE FORMACION Y FRACTURA PARA co de profundidamente en este de revestimiento como se indica a comitano de voltante de somo se indica a comitano de somo se indica a comitante de somo se indica

Se observa que la presión de formación a la profundidad total es de 13,400 psi. Para perforar con seguridad es deseable usar pesos de lodo que ejersan una presión de la presión de formación. Esta grafiles lus preparada con datos del área de la Costa del Golfo, E. U. A., para lo cual considera una variación promedio de la densidad con la profundidad para a estimación del gradiente de sobrecarga.

En el apéndice C e presentan dos progra-mas de cálculo uno para utilizarlo e relcutadoras T.I. 58 6 59, y otro en HP-41C ere la certanon del gradiente de fractura por medio de los tres metode anteriores. Los programas manejan independientemente acada une e ellos, éstoes, a partir de los datos disponibles se eveléa el gradiente de fractura por cualquiera de es conicas percionadas, con-



Y DENGIDADES LOEC LOOD, 6 Soldni as omen Ginaim

Se observa que la presión de formación a la presión de formación a la provisidad con segurprovisidad con a la 13,400 psi, Fara perforar con segurritad es desemble usar pesos de lado que ejerzan una presión presión de 17.3 ppg (0.90 psi/ft) satisface la condición orplantesda en el fondo del agujero y se encuentra abajo de la

.

I.

Photosta is actual is soot at at at at at

perforación que indica las profundidades de asentamiento de

- Adama adamater adamatic at a second a signification of the second at t

fracturarán con un peso de lodo de 17.3 ppg. Por tanto, la profundidadade itaises fit correspondental ente de una sol ad Norrespondentes de PRESION de TOR

tuberla de revertinienteauronan 'ao y Moroam

ОТИЕ:	Usando elªmis	no procedinie	nto yamanteniendo-
pst mayor) ,	de loco sribe de OTMITMATMIZA la profundidad de	la presión d asentamiento	e formación (+ 300 Othilmitisvia de la siguiente t <u>u</u>
ber1a² de re 12 1/4 8 5/8 6 1/4	vestimiento se loc Ont di One bi Con un peso d	aliza a 13,70 de lodo de 13	0 ft.isiallioune . themiaidl . anid resid . 3 ppg se puede per
forar con i	eguridad a esa pr	ofundidad y e	n-ninguna parte
rar las fo	The solution of the solution o	entes.	SALEVARIAL
	st state	ble programa	una tubería de re-

vestimiento a una profundidad de 3 000 a 4 000 ft (914 a -

-149-41

presión de 17.3 ppg (0.90 psi/ft) satisface la condiciencor planteada en el fondo del agujero y se encuentra abajo de la

1....

COPY "propring to all the line of parts all and the parts of the second of the parts of the

0

1.

En la Table d'Vida es presente : el programe de

perforación que indica las profundidades de asentamiento de -Plin Cullerias de levre tintente, standier de agujero y dens idade l'es partes de ser se partes de l'estates a partes de show perfabes ide spresientes formación av de if reenure de ila Elg. lo cual significa que las formaciones airiba de 14,50215vrae Por tanto, 1a fracturarán con un peso de lodo de 17.3 ppg. BIID

TARLA TUTTT PROGRAMA BASSCO DE PERPORACION DELABORADO CA PARTIR DE LOS GRADIENTES DE PRESION DE FOR MACION Y DE FRACTURA CALCULADOST 95 HITEOUT

Freedimieneczyenunteniendo-	OMEN STORES USANS	
COL TUBERIADEDED SI DINETRO REVESTIMIENTO MJ. OJOSLUPIS SI OD DJ.(pulgades	1 BPROFUMDIDAD DE 5 DIAMETRO DEL ASENTAMIENTO 20 DE DEBI(CL) lorg al (10(Pulg.)	1
Superficial 13 0 7 13 3/8 s. Intermedia 9 5/8 Primer Liner 7 20 Segundo LineF ₁ 2 21 5 b obol	13 700 13 700 14 500 15 500 15 100 10 11 14 500 15 100 17 14 14 500 17 14 17 17 17 17 1	2 4 1
LODOS DE	PERFORACION	
INTERVALO (ft)	DENSIDAD DE LODO (ppg)	
$3,000 - 11,500$ $11,500 - 13,300$ $13,300^{-11} 13,700^{-11}$ $13,700 - 14,500$ $14,500 - 15,500$	9.0 - 9.5 9.5 - 11.8 16.5 $+ 13.3$ 13.3 - 15.9 15.9 - 17.3 $+ 13.3$	

La información requerida por el programa de detección se obtiene de 19948464 Collaicos de explota-ción, tales como el de inducción, sónico de porosidad, rayosgamesters a borthoutik ortanities del registro de inducción se leen datos de SSP en arenas y de resistividad de lutitas a diferentes profundidades a lo largo de todo el pozo. S1 SC utiliza la curva normal corta amplificada ya no es necesariost se .bsblvijdissen sett geutleren fan las caracteris Ilticas tindividuales del contunto de Programs desarrollados pa Interelactionlosderlosogradientes de presión de formación y de--ifractura, casidomo cientios ilustrativos de los resultados ob astenidosocobisuluso; sessonsiderengonveniente pera una mejor ofpresentaciós, dividiroelasepitulomeno tres partes principales; en la primera se tratan con detalle los programas rel aciona-dos con el cálculo del gradiente de presión de formación, en 1 1al segunda con los de gradiente de fractura y por último en la etercera de los resultados obtenidos con un paquete de apoyo de aran utilidad en la presentación de resultados tanto de gra-1 dientes des presión de formación como de fractura, oz outo ci ficeoión de prosiones de formavión, los datos pueden obrener-V. 1.5 GRADIENTE DE LA PRESION DE FORMACION

Para realizar en forma automática la estimación de las presiones de formación en zonas anormales se dise ñaron dos programas en lenguaje FORTRAN, el primero de ellospara la detección y el segundo para la cuantificación de las presiones de formación.

-151-123-

La información requerida por el programa de detección se obtiene de los registros geofísicos de explota-ción, tales como el de inducción, sónico de porosidad, rayos-DESARROLIO DEL PROCEDIMICATO A INDUCCIÓN se leen datos de SSP en arenas y de resistividad de lutitas a diferentes profundidades a lo largo de todo el poso. Si se utiliza la curva normal corta amplificada ya no es necesarioefectuar correcciones en las focturas de resistividad. Se re ag sobsilorissob someroore the structures het a solution in the solution of th -sb y noissmyel abage 188 regrated piconpelof inbde cotoner oresul do sobat fuser ables be "Interpretacione to belochteo, desporosidad as less tienpost de transitoren estratosulutiticosponstan to que en el de rayos ganna heutron se leen directamente velo en la primera se tratan con detalle los programas relacione--dos con el cálculo del gradiente de presión de formación, en al ne omitil tog y azhielizegistrosdesdensided; siselbobjetivo es ab greater ala zona con presion anormal, deben leerse valores de densidad solamente en estratos lutiticos, mientras que si lo que se busca, es el gradiente de sobrecarga para la cuanti ficación de presiones de formación, los datos pueden obtenerse a cada 5 6 10 metros en rocas de cualquier litôlogia.

- cada, las densidades de lodo utilizadas en la perforación, así como las profundidades de lodo utilizadas en la perforación, así como las profundidades de asentamiento de tubersas de revesti miento entran como datos adiciónales.

-152-1 di-

 epad es amreporq la sobra de guanta con toda la información requeri sobre es amreporq la sobra de adipatmentia al
 daugatores el paquete construye todas estas gráficas. Sinle balge de dapar de presentar unicamente aquellas gráficas embalgo de stande atte es adipatmente aquellas gráficas correspondientes a la información disponible en cada pozo.

Algunas otras gráficas de interés, tales co **artre eb nôicempoint al animexe amargorg 13** mo la de los exponentes "d" y "d " o la de o contra porosidad **ave aterat rog sotab eb oranta fe sup acilirev .se otse .ab** pueden ser implementadar fácilmente a este programa de cóm**biticu obnamos le is sâmebe y bebibnulorg el a otsegeer nos**

a contra and case of the contral of the strength of the stren

Log billog Feirig Log per contra profundidad). En el caso - na , rabilar aldisog as anargorg etas noo de no disponer del registro de raros gamma-neutrón el prograsertemeras astreiugis sol , babibnutorg al eb nôionut an puede calcular los valores de porosidad a partir de tiem-

LEBS OL AREQ. (2.111) GOLDENDS EL ODMERLILSS. OTLENETS SOG (a) Resistividad de lutitas.

-- al souper de clamente los valores de ciempos de -- el banços de -- el banços de -- el banços de lodo.

(d) Porosidad de lutitas.

(e) Factor de formación de lutitas.
 - ob social el champion (d) social el na (f) Densidad de lutitas.
 -oduj ob otnoiner de mallet addicer el champion (g) Densidad de roca.

ad odnanna achtraince achtrail y nachtraid (a) (h) Gradiente de sobrecarga.. -iddread obel de subrecarga.

where our stand the manufacture of the second of the second second

-153- ------

ireuper ablassoint al abor aco argen a in programa se hace La alimentación de datos il programa se hace con el uso de comandos, los cuales facilitas in gran medica i erabajo puesto que la información de esta manera no debe de con el manera no aldinogaib ablassoint al a establecido.

-co selst, serving a saile sario sanuplA El programa examina la información de entra-

babizoroq artnoz ,o ab al o "b" y "b" zetnenoqxe zol ab al Sea da, esto es, verifica que el número de datos por tarjeta Sea -moz ab emargorq atza a atnemical zabatnemiqui rez nebeuq e) apropiado, si se encuentran ordenados en forma ascendente-

con respecto a la profundidad y además si el comando utiliza-

do se encuentra definido. En caso de encontrar anomalías, im nesarg (1) y (2) ,(2) ,(3) assilàrg asl prime letteros indicativos de cada una de ellas, tal como el-

tan la variación de los parámetros correspondientes contra --.I.V Elder El ne Estesum de sup olquero profundidad en escalas semiligarítmicas (Log R_{ab}, Log At_{ab}, -

Log osh Log Februso pol contra profundidad). En el caso

de no disponer del registro de rayos gamma-neutrón el prograisoriending sednelupis sol (Esbienulorg al eb rologn) ma puede calcular los valores de porosidad a partir de tiem--

pos de tránsito, utilizando la ecuación (III.5), para lo cual .Estitul ob bebivitalmos (6)

es necesario estimar previamente los valores de tiempos de --

tránsito de fluido y matriz, característicos de las formacio-

nes penetradas e introducirlos como información adicional. .asilaul ab bablaorog (b)

(e) Factor de formación de lutitus.

En la grafica (b), además de los datos de -- .astituí ob bablanog (3)

densidad de lodo, es posible indicar el asentamiento de tube-

rías de revestimiento, pérdidas y fluidos ocurridos durante la perforación, así como datos de temperatura de lodo. La gráfica (e) se obtiene procesando la información del registro dealtura de la mesa rotaria, registros disponibles, columna geo aot ab oboiên le rainecert la boihai es geouseffas de revestilógica, profundidades de asentamiento de cubeffas de revestimiento y diámetro de cada una de ellas, asi como comencare, pertinentes acerca del pozo, tales como peidodas y 110 de me gertinentes acerca del pozo, tales como peidodas y 110 de parte cidas directas de presión de formación y de restellar, en pertinentes de presión de formación y de restellar, en estates de sector de cidas de formación y de restellar, en estates de formación y de restellar, en estates de como peidodas de restellar, en estates de sector de cidas de formación y de restellar, en estates de formación y de restellar, en estates de formación y de restellar, en estates de cidas de formación y de restellar, en estates de cidas de cidas de presión de formación y de restellar, en estates de cidas de cidas de cidas de formación y de restellar, en estates de cidas de cidas de cidas de cidas de formación y de restellar, en estates de cidas de cida

-usielt and notoon the finality of selfiging as presentan las gra (E. I total de shap (fige as to bable of the option of the program de com of total the shap (fige as to be bable of the option of the self of th

Cameron, E.U.A. se obtienen las dos últimas gráficas.

En caso de no introducir esta opción las grá

end omob seled , sele El programe de détección vesta diseñado apara guardar información en un archivo de acceso directo, sindispen "sable para el programe de evaluación que se corre posterior-notesi l'au se acepta un número ilimitado de pozos en una sola corrida e imprime en el listado de salida, la posición de la información de cada pozo en el archivo de datos.

Ademãs, presenta información útil del pozo,-Ademãs, presenta información útil del pozo,-Tabla V.2, tal como: clasificación, distrito y campo al que-U.V.5.5.V. pertenece, posición, sistema de coordenadas, profundidad total, 2000 samuloo , seldinoquib sonfaiger, situator soon al eb aratis -ifettion and a solution all presentar el método de Fos -ifettion al solution al contemport, solution -editatade de capitalo III. La gráfica (h) se prepara -editatade de roca siguiendo el mismoem "fojuit y autibrit omo selat, orog is arreas satguiendo el mismo-

-rateil areq nôioqo ai fior (teach and de presentan las grá (C.Yadeth are the eule ties and eule de com sup alaon all ale are the eule de de com sup alaon all ale ale the eule de com sup alaon all ale ale the eule de com ale a preparación al se per gráfic celtaila. Titil hôiocet (table de de de com dad de roca y gradiente de cección de de com Cameron, E.U.A. se obtienen las dos últimas gráficas. <u>B</u>rg zal nôioqo ates ricubortai on eb caso na

- onor leb libb noisempoint Einesenta en forma tabulada los datos - onor leb libb noisempoint Einesento, Edmesta - onde entrada y los calculados para la construcción de las gráfi - onde entrada y los calculados para la construcción de las gráfi - onde entrada y los calculados para la construcción de las gráfi - onde entrada, y los calculados para la construcción de las gráfi - onde entrada, y los calculados para la construcción de las gráfi - onde entrada, y los calculados para las Tablas V.4 a V.9. - onde entrada, como se observa en las Tablas V.4 a V.9. qrama de avaluación, la curva de la Fig.111.17 que representa -abolitry actouration de gradiente de presión de formación con el codem in relación de gradiente de presión de formación con el codem --11 anu o (a) solitivy el even any junited a abecorg as te de resistividades. En la reproducción de esta ligura, Uti necergor emp.(2) y (e) .(b) .(c) asolitry est star atoriar any lizando interpolación por Splines fue necesatio realizat un anyste, por cada intérvalo, con expresiones analiticas que re anyste, por cada intérvalo, con expresiones analiticas que re noo sirav (error altoretes) el estar signe el esta presentan enterpolación solitica el esta internet el estar de con el com estimation el estar a signe el estar el el estar noo sirav (error altoretes) el estar a uso poste for presentan el estar son estar el estar y uso poste for la eded y el tipo de lutitas presentes. Debe tratarse de definir la mejor tendencia, puesto que êsta es la base para obrealizar cualquier se and se dispone con suller información pertenaciente al área particular en estudio, de po sible construir graficas apropiadas, para realizar un cálculo Con base en la tendencia normal traseda, semás representativo de la zona. Para ésto, a los datos del anos al eb esed al y anio al eb sebabibnutorq sal nasilaçol, area en estudio se les debe ajuster una curva representaciva, to cual puede realizarse por medio de regresion linear, reg bien trazar manualmente, la mejor curva representativa de 100-- en la Fig. V.11 se presenta un diagrama de - de con interpolación por datos por datos y luego, expresarla analíticamente con interpolación por Entrope de las presiones de formación. La etapa 4 de este --- adiagrama que involucra el cálculo de las geopresiones puede -- Luger constituida por cualquiera de los procedimientos esta--Luger avino el suoman naro so destes lamion slonabner si ap blecidos por Hottman-Johnson, Eaton, Foster-Whalen o el de -nte de la regresión lineal. profundidades equivalentes. El método a escoger obviamente depende de la información con la que se cuenta para el estu-dio, y si es posible deben aplicarse las 4 técnicas. al adjected and water a discension after los theory of the Para ejemplificar el cálculo automático poren abserveto y success de Las intítas, para estimar 13medio de la técnica de Hottman y Johnson, se introdujo al pro recurse de parmacuén.

> -901--157

de ovelención, la carva de la Pie.III.17 que representa Una vez construidas las diferentes gráficas la relación de gradiente de presión de formación con el cocian -11 snu o (a) o sitis la grafica (a) o una ti-te de resistividades. En la reproducción de esta figura, uti

la edad y el tipo de lutitas presentes. Debe tratarse de deen el programa de câlculo.

finir la mejor tendencia, puesto que esta es la base para ob-

ener la cima de la zona sobrepresionada y realizar cualquier

información perteneciente al área particular en estudio, es po

sible construir gráficas apropiadas, para realizar un cálculo Con base en la tendencia normal trazada, se-

más representativo de la zona. Para ésto, a los datos del -- anos profundidades de la cima y la base de la zona -area en estudio se les debe ajustar una curva representativa,

lo cual puede realizarse por medio de regresión lineal, o

bien trazar manualmente la mejor curva representativa de los-En la Fig. V.11 se presenta un diagrama de -

datos y luego, expresarla analíticamente con interpolación por ob ofmeinibecorg 19 ne rippes a social col problemon enp offici Splines. En la mayoría de los casos, quiza se obtenga una me jor representación de los datos mediante esta última manera -

de ajuste, ya que si algunos puntos se encuentran disparados-

-Licear constituida por cualquiera de los procedimientos esta--luear avais al aranam narg ab natoala lamron aionabnet al ab blecidos por Hottman-Johnson, Eaton, Foster-Whalon o el de

tante de la regresión lineal.

not de la información con la que se cuenta para el estuog posible deben aplientee has a tuestear

ces pueden utilizarse tiempos de transito y una grafica del -

gradiente de presión contra la diferencia entre los tiempos de

trânsito observado y normal de las lutitas, para estimar la-

presión de formación.

-157-

*tension of the second seco

formación, ya que a 3500 m. el peso vuelve a dis-

- - ideverand for the unit of the second of the relacion de participation de participation

c) Se calcula el exponente con la ecuación (II.21),-

la presión de formación representación 95% desla -

presión equivalente ejercida por el lodo; este ra - con ob capino zonamiento se sustenta suponer que las densida - onco iob proi des de lodo utilizado satisfacen a los requerimen

tos de las presiones de las formaciones penetra--

das durante la perforación.

 Larob ob Lifting (Para Tearing Paring at the second of a calculo de the calculo de the second of the seco

formación, ya que a 3500 m. el peso vuelve a dis-

- - itzevera pb seretientententen ninguna biunia elación de pa rámetry (18) Ren anterpartente pine pineta y su profun-

didad correspondiente.

c) Se calcula el exponente con la ecuación (II.21),-

le sang obol stonde itodes les parinetres, son concides.

- presión de formación gor noisemunt ob noisera el

presión equivalente ejercida por el lodo; este re

blanob ant app ronglogalgulonpor medio de las técnicas de Fosnester-Whalenoy Profundidades Equivalentes no requiere del cono---cimiento de medidas de presión de formación.

dis durant is partoración.

renadela trazado de una tendencia normal: Como datos de entra-

de entrada y el análisis previo de las gráficas (Etapa 3, Fig. erdos sobiel sorar soirev altes adioades el programa de evalua 4. V.11). Los resultados arrojados por el programa de evalua 4. - ol sup aranas lat so .(etnemisunas abarari) alonebasi adoib ción se presentan en las Tablas V.10 a. V.11 y en las fight met so svaro al a ratneserger nedeb sobaloaças etnemanito ala V.12 a; V.15.

> V.2. GRADIENTE DE LA PRESION DE FRACTURA -1 0000 2015, 20160nil 2010nobnet 201 ara

. pira la estimación indirecta del gradiente de gradiente de pratiente de presión de fractura se cuenta con un programa que tiene mellor on asionebnet araq eu paratienta and con un programa que tiene mellor de esta de programa que tres métodos apuntados en el capitulo anterior de este de nersioner de .t.V. pir .bbivitaiser el capitulo anterior de este programa, se logra la integración de estas techicas, su apripada e estas techicas, su apripada de cación rápida y eficiente, así como también gran confiabilitation de estas techicas, su apripadad en los resultados para toma de decisiones en las operacio de estas techicas, su apripadad en los resultados para toma de decisiones en las operacio de estas techectuadas en los petroleros.
. estimator estimatos petroleros.
. estimator estimator estas de decisiones en las operacio de estas technos en las operacio de estas tenda de decisiones en las operacio de estas technos.
. estimator estimator estas petroleros.
. estimator estas de servers en los petroleros.
. estimator estas de servers en los petroleros.
. estimator estas de servers en los petroleros.
. estimator estas de servers de anone estas technos.
. estimator estas de la programa de decisiones en las operacio de estas tecleros.

windiantes de provint de francista.

Tanto las tendencias normales ajustadas como - doloamacini analaper en coloactign un ante las densidades de lodo equivalente, se obtienen gráficamentepara ilustrar mejor los resultados obtenidos mediante este -proceso de cálculo.

- agardaness can thank is additionary at a bar pair

Observando estas últimas gráficas es posible hacer un análisis de los resultados, para verificar los datos

dencia normal (ajustada).

V.2. GRADIENTE DE LA PRESION DE FRACTURA

Para las tendencias lineales, tales como la-

ecuación de Eaton (cuando sea el caso), y finalmente, utili--

ende de la programa de detección que se obtiene del programa de detección. En la Fig. V.16, se presenta la secuencia de consecuencia de la zona anormal y la densidad de lodo calcuna prestones de la zona anormal y la densidad de lodo calcuna por el programa diseñado para estimar calcuna de consecuencia de la consecuencia de lo consecuencia de calcuna de consecuencia de la consecuencia de la consecuencia de calcuna de consecuencia de la consecuencia de la consecuencia de calcuna de consecuencia de la consecuencia de la consecuencia de calcuna de consecuencia de la consecuencia d

Tanto las tendencias normales ájustadas como

- Para su aplicación se requiere información - de lodo aquivalente, se obtienen gráficamente de densidad de roca y resistividad de lutitas (registros de

de densidad de loca y lesistividad de lucitas (legistios de -- otse este mailes mailes de localitados obtensidad e inducción).

COLDOFED AD COLORS

Con esta información el programa construye statuon as castilare castal de casta observado gráficas de tales parámetros contra la profundidad. como sol restinar versitados, para versficar los deces polación por Splines, ya que la profundidad requerida no siem -- active contra la solución del considerado de la literatura -- active contra de la solución del considerado de la literatura -- active de la variación del conficiente de esfuerso de la ma-active de la variación del conficiente de esfuerso de la ma-active de la variación del conficiente de esfuerso de la ma-active de la variación del conficiente de esfuerso de la ma-active de la variación del conficiente de esfuerso de la ma-active de la variación del conficiente de esfuerso de la ma-piterse de la variación del conficiente de esfuerso de la ma-inter de la solo de la ma-de de la conficiente de la de

Por medio de la gráfica de la relación de Pol-- szan estipubritaneta edepigoipentolei etel entra el valor de-.sorog eodournet delinarien relation entra el valor de-

-voibo le ussilaer Elisficulo de la presión de formación involu - crado en la estimación del gradiente de la fractura, se reali - raiutilisando el mátodo de Hottman y Johnson; por tanto, si se carece de registividad pueden utilisarse tiempos de trânsitoy con ayuda de una gráfica de gradiente de presión de forma--- ción contra la diferencia entre, los tiempos de trânsito obser sevado y normal de las lutitas, estimar la presión de formación

Exp ann ovurience se admantant y actionate administration and not al multiplet o Esta presión también puede obtenerse utili-zando otros métodos fácilmente acoplables al programa de cómputo que comprende e integra este procedimiento, Fig. V.16.

- datial terre of lab actuations out and some and

se calculan los valores de gradiente de sobrecarga. Usando estos valores se obtiene el gradiente de sobrecarga a la pro fundidad de interés, para lo que es necesario efectuar inter

-163-

gele on abirauper babibnu?orq al aup av , semilqe roq abibeloq -- eb babianeb eb Bobiosaesp bofission applicacies Bhodesruss cadmiento, se introdujo información obtenida de la literatura acerca de la variación del coeficiente de esfuerzo de la ma-biesreste estavise salestéroirescin del coeficiente de esfuerzo de la ma-geteblaevose salestéroirescinte la profugaidad, para el área <u>reteblaevoses deheertorescintego se hizorutilizandor inter</u> <u>reteblaevoses deheertorescintego se hizorutilizandor inter</u> <u>reteblaevoses deheertorescintego se hizorutilizandor del coefe</u> <u>reteblaevoses deheertorescintego se hizorutilizandor inter</u> te de resistividades contra PFG, Fig. III.17.

Por medio de la gráfica de la relación de Poi sson con la profinalidad pigni 10793 de chementra el valor de-. So a que profinalidad i interio de manera cura sera stas

and a second s

Para mostrar las ventajas del procedimientoautomático para el calculo del gradiente de fractura se presen obused ou protectore de apartemento de aparecarque de secondo e A pesar de que los tres métodos aplicados es al ab noramot as sotab sorus, olqueterfor the statige pingese logtuvieron valores 1guales de gradientes de fractura, ajutezetiedebe a que los coeficientos de las ecuaciones(IV.8). (IV.9) y bebiviteles y apor ab bebieneb ab sotab, apdede indicarse que - (IV.14) son diferentes. Por otro 1400, pdede indicarse que assoord as obsilo oldaste la astathogeshreen Battatle simehan -esto araq ,oballorraseb otuqabo ab ararcordyde ginsiberannen la tes en la zona normal; sin embargo rarcordyde ginsiberannen la eineralangelarion de stos parametros con la profundidad, según Ismana noteorg ob anos --- sesindisans la Fig. Y 16 y que se presentan en las Figs. Nos. ratura que los gradientes reales de l'hatela alentes mas alla del valor maximo del método de Hubbert y fayiys. Yor upla eb ofneimibesorg feb aceag acf obneiupig amente en esta téc-tanto, no es recomendable apoyarse rigurosamente en esta técindicado en la Fig. V.16, se calcularon los gradientes de 10 nica. presión de fractura de la formación, cuyos valores se presentan en la Tabla V. 1219 en Mai Egun 18. HOIDATMEERABR . C.V

- la nebnergeos and senergoria en la **companya que los valores** -- Setneiberg and y nebro perior de **fractura aumentan** con un inde los gradientes de presión de fractura aumentan con un incremento en la presión de formación y que siempre aumenta -con la profundidad, independientemente del comportamiento de clasta profundidad de formación.

Abajo de una zona de presión anormal el FPGdisminuye hasta alcanzar la tendencia normal. En la zona anor mal también se observa que disminuye la diferencia entre losgradientes de presión de formación y de fractura.

-165-

A paser de que los tras astassing en partent de la paser de que los tras astas e tomaron de la la comaron de la solution de la comaron de computo desarrollado, para obtenta la comaron anos el computo desarrollado, para obtenta la comaron anos el computo desarrollado, para obtenta la comaron anos el computo desarrollado, según la comaron anos el comaron anos el comaron de comaron anos el comaron de comaron anos el comaron de comaron anos el comaron anos el comaron de comaron anos el comar

rog del radoui en obotém le omixém rolav le file sem signiendo los pasos del procedimiento de calcu tanto, no esta tecone el los pasos del procedimiento de calcu tanto, no esta tecone el los gradientes de lo indicado en la Fig. V.16, se calcularon los gradientes de nica.

presión de fractura de la formación, cuyos valores se presen-

V.3. REPRESENTACION BEDIMENSIONAL DE RESULTADOS T BL 15 HUJ

- asrolav aol sup <u>Adenás de los programas que comprenden el -</u> -n.cálculo de las presiones de las formaciones y sus gradientes-- de fracturances cuenta con un paquete auxiliar conocido comose "surfacturances cuenta non un paquete auxiliar conocido comose "surfacturances cuenta con un paquete auxiliar conocido comose "surfacturances de la presentación bidimensional de parámetros

de interés, tales como cimas y bases de la zona sobrepresio nada, curvas de isopresiones e isofractura, etc.

Abajo de una zona de presión anomal el Pro-

En las Fig. V.19 a V.22 se presentan algunas de las configuraciones logradas con el paquete "SURFACE". Es importante indicar que a medida de que se disponga de más da-.ETUIDETI OF Y HÓIDETEDI DE PARTIENTE DE SUBJECTIONES tos las configuraciones serán más precisas. ---.LILTADU.DE.CO.U. 05.UTILI20008.040

LUMA	ANN, 201	******	.********** ********	******	·******* *******	******* ******	********	1 - ******** 1 - ******	* *** * *** * ** 4 * * * * * * * * * * *
LACF	PRODUCTO	7 11.CET	HAND OITI	s o	IMADA E	THO AMI	LCO+ REFO	COMALCA	+DISTRITO
ERROH	1 243084.1	LACE)	HO ESTA I	EFINTO	0 COMO (OMANDO NTALOO	ристой (л 1440 гонта	019 MOTO	+CLASTICA
RROR .	103. PAKA	10,700 :	122.96. El: LECTUR	.75. A. 110. ES	A03.44	AQ	8. 7914-40	SCENDEN	0105030894+ FE
2544 2544 2544 2544 2544 2544 2544 2544	960.12 1264.92 1584.96 1559.28 2057.40 2359.15 2490.36 2667.09 2910.27 3246.12 3474.72 3749.04 3495.3 4084.32 4251.96 1.60.0 1	.86 .75 .94 .96 1.08 1.10 1.10 1.10 1.10 .1.10 .1.10 .1.10 .1.10 .1.10 .1.10 .1.10 .10	1006.A0, 1402.08, 1630.68, 1920.24, 2133.60, 2383.54, 2529.04, 2529.04, 2529.04, 3520.44, 3520.44, 3520.44, 3520.44, 3794.76, 3947.16, 4587.24, 535.26, 1548.76, 3100.66, 4876.80	.72. .65. .80. .94. .94. .91. 1.18. 1.00. 1.02. .67. .65. .79. .72. .80. .72. .22. .24. .2.49. .2.49.	1)56.24 1524.00 1691.64 1991.20 2157.90 2590,80 2590,80 2590,80 361,1,80 38103.00 3992.81 4175.7 4326.1 4662.4 .609. .1828. .3657. .5000.	• .71 • .72 • .81 • .95 • .93 • .93 • .95 • .93 • .95 • .95	1219,20 1539,74 1793,37 2042,16 2044,16 2042,16 2042,16 2042,16 2042,16 2042,1	.69 .75 .75 .75 .75 .75 .75 .75 .75 .75 .75	HCGISTRO HCGISTRO 6AYAS GAM 9011CO DC 9011CO DC 9010C 9010C 9010C 9010C 9010C 9010C 9010C 9010C 9010C 9010C 9010C 9010C 9010C 9010C 900C 9000C 900
GRADS	6 6X8 37 6 3X4 3TU	i	9004004 904004 904008 004008	•	4 4			n n N 19	1141404-54 11115404- 0110008440
• • • • • •	• • • • • • • •	• • • • • • •	••• 900-2000 200-2000 200-2000 200-2000 200-2000 200-2000 200-2000 200-2000 200-2000 200-2000 200 20000 2000 2000 2000 2000 2000 2000 20000 2000 2000 2000 2000 20000	*****	• • • • • • • • • 	•••••	1447年 1946年2 1947年3 1995年3 1995年 1995年	••••••••••• ••••• •••••• •••••• •••••••	011130011.69 28 - 78, 20 1 08130012-11 4071351 535

· · · · 4 *

all the at a church

		HIRDINU CO		
OPATACHESINGATACHECTACAS	SITIO GRANDE NO.	-1		調調
		I DE DE A LOURA RUDER	IGESTACHASTERST. AGES	1
	***************	*************		
		***************		GH
+DISTRITO COMALCALCO, REP	FORMA CHIS +CAMPO	SITIO GRANDE	13.4 907 3. 410 St. 1. 64	10
+CLASIFICACION PRODUCTOR	ACELTEL ON OWNER			
ASIST OF FOURILLADAS PIN	IN FN CUENTAINS	NAME TO BE TOMATING	424.12) 10991	- i +
		A 5 44320.	() 1 5 -49064 1 4	
+PROFUNDIDAD TOTAL = 4197	.0 M.	ICA I OP SMOR	2 44.756 MIN .	511
FORMA ASCELLE	TAN ORDENADOS EN			835
Po 05.0151	1.15			1.313
1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1	1 St. 1 . 30. 4 .21	180. 180.5001	· VO. • Se	1231
00-11-20-00-01 00-11-20-01-20-00-01		1630,681 .80,	1584.46 4 5784	129
00.01 40.0155	· EP. · 10. TAIC	19 19 19 19 19	· + + P. • - 85. • P. (11	123
REGISTRO DE INDUCCIONAS	496.0 - 4066.5	METROS	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	12.11
MICRO-REGISTRO	46. h - 3407 55	2529,640 1114	2 2 2 0 0 1 1 1 2 0 0 1 1 2 1 0 1 1 2 1 0 1	1621
00		2773.687 1.007	150.L. 00.TODS	129
RAYOS GAMMA-NEUTRONE INE	2501.0 - 4203.0	150.1.185.5004		1211
SOUTCO DE POROSILIAD	1 55 0 - Homa de	3520.494 .653*		1.75
	BAN BANGAR	3794.761 .79.	190. 3 PH 9. 64. 1 . 65.	del H
REGISTRO ELECTILICO STA		3447, 161 TR	1. S.G	H.S.H
1,389,12 + 177	13251 0 1 0113651	· •08. • •08.01.0 • •68. • •08.01.0	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	1611
4663.44 1.76	1.62 80	NTS SPRETER	and the second	1221
COLUMN	A +	TUBER	I AS INDE	125
GEOQUEL OF G	I GIA MARTIN	REVES	TIMTENTO	2 33
08. 44 JUN 0814 1 44 400	LA PS SE DB MART	A BS Connersion		• 347 • 347
	B.M.D. SHARA	GT. PROFUNDIDA	D DIAMETHO S	●FLAS S A S S S
PARAJE SOLO	30.0 St 00.00ng	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	114.29.010	130
FILISOLA	1980.0 •	495.00	16 0/0	· Ing
DISCORDANCIA	2195.0 •	2500.00	10 3/4 4 EU 2	•140
A THE OLLING FUO THE FUT THE	2205.0	3893.00	7 5/A	•
EOCENO SUP.	£330,0 ♥ 2470,0 ₽	4197.00	5 0/0	₩ 5.1 ★
PALEOCENO	3285.0 *			*
CRETACICO SUP.	3667.0 .			
V	•			•
*********************	**************	• • • • • • • • • • • • • • • • • • • •	***************	r 🗣

HIUTAS POZO EXPLORATORIO.

TABLA V.2. - INFORMACION GENERAL DEL POZO SITIO GRANDE NO. 1

TABLA V.A. WALORES DE RESISTIVIDAD Y TIEMPO DE TRANSITO LLIDOS DE LOS REGISTROS DE Inducción y sonico de Ponosidad del rozo sitio grande No. 1 *** RODASILITU RODANDO IN GUATEL ***

Research and Provide State

1.

MHT POZO FXPLORATOR TO.		(P(XMHO)	SE LA LUTITA
DMINE SITIO GRAINE NO. 1			
ISTREEDMALCALCO, REFORMA CH	132.000		
AMPDOCIC SITIO SRALDE	000.051		0.7601
R	000.051	9 .	0.euiii
ISTC LIGITA GORDA	116.000	GH+1	1143.0
LASE PROJUCTOR (ACEITE)	000.051	UC.S	0,6151
HOFT 1197.1: M.	000.011	CP.1	0.5031
USIC 14320.73-43084.18	000.211	1.50	0.1/071
EGIS REGISTRO LE INDUCCIO	1 000 4051 0 - 4066-5	METOOL	1345.0
EGIS	115,000	T. SIRONIA	0.012
EGIS MICPO- HIGISTRO	000	9d.1	1403.0
EGIS	115 000	1.55	0.4581
EGIS BOE BAYOS BALLA-HEUTRON	0.00000010 - 4903 0	1.70	0.5414
FG LP18S.	000.701	1.70	0.1021
EGIS 185 SULTCO OF POROSTON	000. Tak a - 400- 4	0a. L	0.0041
FGISCOS	000 801	1.60	0.0001
FGIS 005 WEGISTUD FIFETOLOG	000 000 000 000 000	1.60	0. ERAL
Fais Desting the first	000.001	do.1	0.4.45
GENOTAS HITOLOGIA	a set a s	0ð.1	B. GIAL
		1. 75	8 . 413+25 t
GEOLINIA DADA IN COLO	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	ex.1	0. Faci
	**************************************	11e3 . 1	11、12、124年1月 日、12年1月1日)
	1979.05	1212 . 1	(3) ≤ 12 × 12 × 4
	2897.04	66 . I	en en Unite 3, 14 Si originari e e
	5Kup.04	0.3	
	2350.00	6.9	
LUEDL EULENU'SUP.	2470.D		
CGEDLBOS PALFOCE 10	3245.0		
COLDE CHLTACICO SUP.	3667.0	0.7.1	6. (F.G.) 2.
23918	1000.460	1999	1. 1. N. C. L.
TEMPE 730+23+2497+61+3700.+9	9.013833196,3892,100	+4067 115 4204	
LEADE	000.591		
ZAP 280 28 26 495 2506 3093 419	7.24.0.0.15.0.0.10.3	+++7+5+A+5+0+0	そうき のけん
ASEAC	080.541	1.62	Vat St.
DMUD 2000 1.03 . 2260	1,000.051 2260	1.15 . 2320 1	15 4.4.1
DAUD: 2329 1.19 . 2400	1.00.4.51 2400	1.00 . 2500 . 1	06
DHUD 2500 1.12 . 2600	1.12. (1) 2600.	1.24 . 2660 . 1	24 0.0105
DMUD	127. 11 2760	1.45 . 1040	46 0.4abi
DMUL 3860 1.55 . 3100	1.55 . 1 3100	1.46 . 3130 - 4	46 0.0V98
DMUD - 3130 1.55 . 3260	1:55 1: 3240 -	1 56 . 3660	54 0.5412
DRUN 3280.0. 1.55 . 3300	1256 32 3 3 3 3 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4		0.01.5
DMUD - 3470.0. 1.84 - 3500 -		1.100 + 134 70.0 1	00 U. 11727.
DEU0 33600.00 1.60 - 3620 -	0 64 020 Brow	1.0 · (3600.• 1	· C. Maid
DNUD 3680.0. 1 (0 - 3700 -		1.6 . 3690 1	• 6 18 . 17 uphy
	1.00.0	1.6 . 3800. 1	.6
	1.05 + 3920. +	1.55 . 3940. 1	,55
DENDE 3740-07 1.57 # 5960.	1.59 + 3960. •	1.52 • 3980.• 1	.52
UNUL 5900.00 1.55 . 9000	1.55 • 4000. •	1.58 + 4020.+ 1	.511
17KUD 4028.00 1.80 . 4040.0	1.80 · 4040. ·	1.13 . 4080 1	.13
DAUD 4080.00 1.14 . 4108	1.14 . 4100	1.16 . 4120. 1	.16
DHUD 11111	1.+1.		

113 1 -

-169-

V. VALORES DE RESISTIVIDAD Y TIEMPO DE TRANSITO LEIDOS DE LOS REGISTROS DE INDUCCION Y SONICO DE POROSIDAD DEL POZO SITIO GRANDE NO. 1

*** CONTRINC OF COMMENS UTILIZADOS ***

PROF	Vacue RESISTAVIDAD	BPBY TENRODDET TRANSITOATOBUES POROSIDAD, CALCULADA
DE LA LUTITA	(0744/14)	(MICRUSEG, FUN FIL)
** [N.D.P.N.F	经济 计算法的 化合金合金	• • • • • • • • • • • • • • • • • • •
		1 OUN BILL HA GETTS HUBBERLING
** 1055.0	1.89	132.0002100 AUGUTER .00145
1106.0	1.70	120.000
1148.0	1.45	128.000
1216.0	1.50	118,000 AL305 A 30017 TEL2 A
1207.0	1.45	120.000 (UTI.1) , CTO. , CTO. , ADD. AUD. 4
1309.0	1.50	
1345.0	LOU CONTRM	2. 3/81 - 6 114: 000 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10
** 1374.0	1.50	115,000
** 1534 0	1.55	2. TPAS - 0.115.000 nureran
** 1542.0	1.70	115.000 .2964
** 1501.0	1.70	0.2050 - 01482000 HONTHEN-A MAN DOWN 30817
** 1604.0	1.60	107.000
** 1609.0	1.60	0.0120904 - 0.107.000 0A0120909 10 05 10.0 - 0.003.0
14 1693.0	1.60	108,000
1744.0	1.65	· Pro 5005 .0.1.15190 FLCO 000.801.0 - 503.5
1819.0	1.60	
1894.0	1+75	
1923.0	1.70	
2079.0	1-00	05 000
2108.0	1.05	90,000
2182.0	1.60	93.000
A.P. 2710.0	1.40	93.000
** 2360.0	1.60	97.000
2380.0	1.40	96.000
2395.0	1.60	95.000
24.52.0	1.40	96.000 .21667
2520.0	7.2.4.0.84.1. 10 .47.48	0+001+000E439130,000
2602.0	•03	147,000 .39683
2753.0	0 + B 1.00 + C + C +	PACADI (16 PARC 147,000, 11 PARC) (16 PARC) (17 PARC)
2705.0	.97	147,000 .39083
2853.0		120,000
2916.0	.90	
2958.0		123,000
	04.1	114.000
** 3340 0 3140.0	12.1 1.11.00	107.000 .26197
^{1 h} 3370 0	at at the Rade and	104-000 .24767
" * 34AA.0	0.1 . 00.25	105,000 .25253
3569.0	1.1 1.63	100.000 .25000
5703.0	1.1 1.12:50 · · ·	A5,000 .12500
A 1 010010	Constant of Children and Childr	at a prost is here as and a second second second
t ș	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	at a difficient of the second and the second second
• •	the solution of a chi	at a settle is not as much a tool surfly a sure
т. ц.	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	and the second and the second second
A	the transferrer of the	at a mathematic stands and the saturd strategy as
1.0		allate toleast lastest is a
÷ ,		
	• • • • • • • • • • • • • • • • • • • •	"这名书书自己的书中我书书中书书书书书书书》,"我不过来来,""我有不是我的是这个人吗?""你有
and that the state	AND A COMPANY	The Part of the second second second second second second

-170-

TABLA V.5.-DENSIDADES DE LODO UTILIZADAS EN LA PERFORACION DEL POZO SITIO GRANDE NO. 1

PROFUNDIDAD	DENSIDAD DE LODO	PROFUNDIDAD	DENSIDAD DE LODO
(M.B.N.R.)	(C/CC).	(M.B.M.R.)	(6/CC).
1.7.9 TA 1714	66*06	SS*II)	
2014*38		18*2041	
2000 0 -	1 0n Mt 199	3500 72393	1.60
2000.0	1 00 20100	3600° 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	
	1 16 70100	3600208515	1.64
		36211 N Sta	1.64
	1 10 - 90'00 .	36202 11200	1.60
	1.10 98*00	3680270223	1.60
2400.0	1.00 46*00	3680.0324	1.68
2500 0	1.110 42.00	3700.00201	1.65
1 2500.0	1.12	3700.02852	1.60
	1.15 20*20	3800 0958	1.60
	1.24 30190	3800.0348	1.63
2650 0	1.24	3920-0 d 89	1.63
2660 0	1.27	3920.0192	1.55
2760 0	27	3940-0230	1.55
2768.0	1.45 38100	3940, 696d	1.59
3060-0	1.45 60120	3960.0971	1.59
3000-0	1.55 93100	3960.0205	1.52
3140-0	1.55	3980.0	1.52
3100-0	1.46	3980.0	1.53
3130.0	1.46	4000.0	1.53
3130.0	1.55 (0172/0712)	400JCOFCOFVDD)	1.59
3260-0	1.554100111 12601475	EG 40%010R DE FORMA	CICH 1.58
3200.0	1.56	4020.0	1.80
3280.0	1.50	4040.0	1.80
3230.0	HELSSIVE CERCELESED'	4040.0	1.13
3300.0	1.5515 DET EVELOU DE	FORMACIONOUN. QUILLAS CALC	INF VD01 ¥13
3300.0	1.56	4080.0	1.14
3470.0	1.56	4100.0	1.14
3470.0	1.00	4100.0	1.16
3506.0	1.30	4120.0	1.16

		dISn.*Q	1.16
	5 T - 11	0100:0	1*10
	• A • • • •	#100.0	1*1a
R360*4	1 * 98)	t0x0*0	1.10
TAREA V.6FJEMPLO DE	VARTACION DEL FACTO	R DE FORMACIONDEN DUTITAS CALC	ULADOTATA
PARTIR DEL	POTENCIAL ESPONTANE	0. 0.6066	1.13
750675	1.22	d040+0	1.80
2365-5	7 P 231	d050°0	1.80
PROFUNITORS MEDIA	I POTENCIAL ESPOR	NTANED TFACTOR DE FORMAC	ION I PE
DE LA ARENA CERCANA	TTO (MILIVOLTS)	HOUR CALCULADO)	1.54
N CHERRY LITTICO		4000°0	1.53
	1 * + + + + +	3960.0	1.53
31.040	3 - 0 - 0	398U.4A	1.52
29530 24	T*P:** 80.00	2043.7542	1.52
1524 96	1***P 86.00	3396.2817	1.59
1630 68	1 0 . 00	3010.2099	1.50
1 1051 16	7.34 60.00	20tt 7.9539	1.55
	1.54 80.00	2015.0185	1.55
N 1935 48	J . St 60.00	30518.0486	1.63
~ 202. 42	7.50 70.00	28010.37348	1.63
2057-88	1°15 80.00	28014.09828	1 EU
2179-32	80.00	2406.5623	1.50
2/32-05	65.00	240.2304	1.69
2458.88	70.00	38911.9357	1.•69
2545-68	I'I 86.00	3P91819553	1.60
2594.80	T*10 80.00	38.15.6709	1.60
-2697.48	I'I2 70.00	385 11.6249	1.64
2727.96	117 SO.00	39015,5212	1+64
2804-16	T107 76.00	20 04 05423	1.60
2965.70	1-02 74.00	32015.03989	1,60
3032.76	80.00	18.5041	
3148.59	90 . 00	22.0541	
3239.65	80.00	18.3739	
		(M.B.M.R.)	(6/00).
	ATSAU RE LOOP	550FUNDIDAD D	ENSIDAD DE LODO

THE SAME DE LOG CLUINANS EN LA PERFORACION DEL POZO SITIO GRANDE NO. 1

TABLA V.7.-EJEMPLO DE VARIACION DE LA DENSIDAD DE LUTITAS CON LA PROFUNDIDAD

PROFUNDIDAD (M.B.M.R.)	DENSIDAD DE LUTITA (G/CC)	PROFUNDIDAD (H.B.M.R.)	DENSIDAD DE LUTITA (G/CC)
1000.0	2.000	1200.0	2.080
1300.0	2.040	1400.0	2.150
1600.0	2.300	1700.0	2.260
1800.9	2.370	1900.0	2,400
- 2100.0	5*** 2.620	2200.0	2.540
2300.0	g* 2.580	#91:5400.0	5*# 26,520
2500.0	5 . 2.760	339 2700.0	5.4.2.700
2640.0	5+2:2.690	310.2900.0	5112,600
3000.0	5 * 5 2.750	100 .0	5*2(2,700
3150.0	5 * 5 2. 350	1203250.0	S'52,400
3350.0	2.350	1093400.0	5*502.400
3440-0	1.0.2.330	323550.0	5*7(2),180
3650.0	2.120	3750.0	2.200
3850-0	2.100	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	
	1 2	(汉*司*树*8*)	10/001.
14 5 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	BENSILAR DE KUCA	PROFUNDIDAD	DENSIDAD DE POCA

TALLA TALTO STATES OF POCA REGIMES EN EL POZO CAMERON
TABLA V.B.-DENSIDADES DE ROCA MEDIDAS EN EL POZO CAMERON

PROFUNDILAD (M.B.N.R.)	UENSIDAD DE RUCA (G/CC)+	PROFUNDIDAD (M.B.M.R.)	DENSIDAD DE POCA
222010	5*100	1 4 A A A A A A A A A A A A A A A A A A	
36501	5+058	3750.0	S*500
2.0	2.050 220	335-30.0	2.100 180
609.60	2.140 220	1082.00.0	2.200 100
1219 2 0 * 0	2.220 220	1508.300.0	2.250 000
1823-8 0 101	2.280 120	1996.400.0	2.309 100
2508.3	2.350 000	3109.00.0	2.400 900
3657.0	2.430	370 5-10 0	2.450 100
4267.2 .	2.470 7.40	4876.80'0	2.490 250
5000-0	2.490	\$\$00.0	2,540
1	5 2.0	1000.0	5*1100
1 × 0 * 0	5 (2.12	1700.0	5*560
177	5*5+2	1400.0	5.150
1000-0	51ê07 -	TS09*0	2.080
1	(excer	(州•日•州•日•)	(excc)

DENSIGAD DE LUTITA PROFUNDIDAD Barbar 1900

DENSIDAD DE LUTITA

TALE VER-SERVIC DE VARIACIÓN DE LA DEUSIDAD DE LUTITAS CON LA PROFUNDIDAD

-174-

2.2.2.2	71000	** 50.3		and the second		- AVE
Santa Street	715.00	そうに 日本日 マチント デ	84	#0#*Dan	1*133	i and a second
	1 7 3 H 12	1 013	-654	135"50#	7*522	42.0
THE SALES	*******	* N.7A	1554	146-196	1*254	
9166 t. 1	ましい ほうう アンド・ション	1 (A 12)	- Ert f	#21*#12	T+07-	10 B B B
· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	4 4 14 13 11 12 14 10	1.615	\$551	#11*950	τ 140 τ+ας,	1. A.
2	(3**)_) * * • • • • •	107	. 534	111-108	7 t - 7 3	行动的第三
	2 9 9	F"110	1505	223+250	1 110	
		7*194	1245	300 100	1 349	
10 A	④16*	T * 1, +P	+257	200 031	1,331	
	10 S.C.	T 1ASA	*205	381 811	1,349	and the second s
2130 142	1*040	1:355	• 201	360,601	1,319	成百姓的
24-24	*#20	7*140	5.07 *400	357.244	1,365	
			107	356-199	916.1	
TABLA V.9VA	RIACION DEL	GRADIENTE DE	SOBRECARGA CON LA	PROFUNDIO	D EN EL POZO CA	HE RON
	2 * 1 2 2 2 2		642	275.253	T+Y2e to the test	27.88
5 34	7 + 44 15 15	- E	1966	553.442	1*029	
DOACLUS	1. 1991 7130 million	1.653	•Un3	SP9"Plat	and the sea and date	
PROFUNDIDAD	GRAL). SUBRECANGA	· EROFUNDIDAD	540.500 G	RAD. SDRRECARGA	
(M.B.N.R.)	(F	PSI/PIE) Teap	(M.B.M.R.)	5921083	(PSI/PIE)	17.53
		1.492	d74	5441540	1-407	
	1.4.2.5			AAA1 763	1 0=0 1	
				21.2	and the second states of the states	
2.0	1 . (1+41)	• 389	335.3		.899	2.392
609.5	1	.908	1082.0	1 - 1 - Sec.	.922	as new all
1210.2	1.700	026	1500			
	1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1	• 720	100.8		•935	化动物
1646.0	1 6 2 3 3	•943	1996-4		.947	1.661.67
2508.3	1 200	.959	3109.0		.973	和复数
36.37 6	* * (1 A	ORU	3001 4		080	
4249 2	1 151.9-6	• 904 0 0 5	5701.4		• 707	
4201.6	**	•995	40/0+0		1.002	1.111
5000.0	1 1 1 A 4 4 4	1+007				
5 m C	14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 1				a station of a second second	1. 1.
·	3 4 5 12			1		
					and the state of the	
	1 - Carlo					
					이 가지? 언제나 이가환	11- A 35
1 2 4 ¹⁰ 14	1				A. A	1.5
	T = + + + + + + + + + + + + + + + + + +			1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1		17.60
LE La sola	71833				2. 金、天山公元二十十日主	1.1.1.34
	21-121					1. 1. 1. 1.
1.1.1.1	7:300			1 41 1 1 F		1. BE
1.26.0	Y*轻在白					
						1. 18. 22
					and the state of the state of the state of the state	

E MARTAR LEGAL TRENCHS) RESISTIVIOADES E A TO N EQUIVALENTE (G/CC) antis Contration of the 14 to 10

-175-

TALISO OLIVES SERVICE SECTIONS CON DATES DE RESISTIVIONO DE LAS

TABLA V.10.-RESULTADOS DEL ANALISIS AUTOMATICO EFECTUADO CON DATOS DE RESISTIVIDAD DE LAS LUTITAS, POZO SITIO GRADEE NO. 1

1052.00 1.400 1100.00 1.420 1100.00 1.400 1100.00 1.400 1100.00 1.400 11000 1.400 11000 1.400 11000 1.400 11000 1.400 11000 1.400 11000 1.400 11000		PROFUIDIDAD (M.B.M.H.)	RESISTIVIDAD DESERVADA (OHM-METRO).	RESISTIVIDA HORMAL (OHM-METRO)	D COCIENTE DE RESISTIVIDADES	PRESION CALCULADA E A T O N (KG/CM2)	DENSIDAD DE LODO EQUIVALENTE (G/CC)	
11000 12000 12000 12000 12000 12000 12000 12000 12000 12000 12000 12000 12000 12000 12000 1.0		1055.00	1.800					1000
1146.00 1.450 1267.00 1.450 1267.00 1.450 139.00 1.500 139.00 1.500 139.00 1.500 139.00 1.500 1324.00 1.500 1324.00 1.500 1324.00 1.500 1324.00 1.500 1324.00 1.600 1.70 144.00 1.600 1.70 144.00 1.600 1.70 144.00 1.600 1.75 1923.00 1.600 1.60 2079.00 1.600 1.65 209.00 1.60 209.20 1.60 200.1.77 200.00 1.60 200.00 1.00 200.00 1.00 200.00 1.77 200.00 1.00 200.00 1		1100.00	1.700			1914 (191)	이 영화 전체 가지 않는 것이 같아.	
1216-00 1.500 1309.00 1.500 1374.00 1.500 1374.00 1.500 1374.00 1.500 1374.00 1.500 1374.00 1.500 1374.00 1.500 1374.00 1.500 157.164.00 1.600 1.600 157.164.00 1.600 1.600 1.60 157.164.00 1.600 1.600 1.60 169.00 1.600 1.600 1.60 1095.0 1.700 1.600 1.600 1.60 2070.00 1.600 1.600 1.60 2070.00 1.600 1.600 1.60 2070.00 1.600 1.60 2070.00 1.600 1.600 1.60 2070.00 1.600 1.727 5.55 30 2070.00 1.600 1.727 5.55 30 2070.00 1.600 1.728 5.50 366.60 2070.00 1.600 1.727 5.55 30 2070.00 1.600 1.728 5.50 366.60 2070.00 1.600 1.728 5.50 366.70 1.500 5.50 5.50 5.50 5.50 5.50 5.50 5.		1148.00	1.450					23
1562.00 1.420 130-00 1.500 130-00 1.500 130-00 1.500 130-00 1.500 130-00 1.500 130-00 1.500 130-00 1.500 130-00 1.500 130-00 1.500 130-00 1.500 130-00 1.500 130-00 1.500 130-00 1.500 130-00 1.500 130-00 1.500 130-00 1.500 130-00 1.500 130-00 1.500 130-00 1.600 1492.00 1.600 1492.00 1.600 1492.00 1.600 1492.00 1.600 1492.00 1.600 1500 1.500 1500 1.600 1500 1.600 1.500 1.600 1.500 1.600 1.500 1.600 1.500 1.653 250.00 1.600		1210.00	1.500					Sec.
1309.00 1.500 1309.00 1.500 1374.00 1.500 1524.00 1.550 1524.00 1.500 1524.00 1.500 1524.00 1.500 1524.00 1.500 1524.00 1.500 1524.00 1.600 1.700 164.00 1.600 1.600 1.60 2055.00 1.600 1.600 1.60 2055.00 1.600 1.772 551 366.02 2055.00 1.600 1.60 2055.00 1.600 1.60 2055.00 1.600 1.60 2055.00 1.600 1.60 2055.00 1.600 1.60 2055.00 1.600 1.60 2055.00 1.600 1.772 552 366.07 2055.00 1.600 1.772 552 366.07 2055.00 1.600 1.772 552 366.07 2055.00 1.600 1.772 552 366.07 2055.00 1.600 1.772 553 1.132 2055.00 1.600 1.772 555 366.07 2055.00 1.600 1.772 552 366.07 2055.00 1.600 1.772 555 366.07 2055.00 1.000 1.772 555 366.07 2055.00 1.000 1.772 555 366.07 2056.07 2050.00 1.600 1.772 555 366.07 2050.00 1.000 1.000 1.772 555 366.07 2050.00 1.000 1.000 1.772 557 37 2050.00 1.000 1.000 1.772 557 37 2		1267.00	1.450			and the second of the		
1345.00 1.600 1403.00 1.500 1542.00 1.500 1542.00 1.500 1542.00 1.500 1542.00 1.500 1542.00 1.500 1542.00 1.500 1542.00 1.500 1542.00 1.700 1542.00 1.700 1542.00 1.600 1542.00 1.600 1544.00 1.600 1644.00 1.600 1644.00 1.600 1644.00 1.600 1644.00 1.600 1644.00 1.600 1644.00 1.600 1644.00 1.600 1644.00 1.600 1644.00 1.660 1644.00 1.653 1644.00 1.653 1644.00 1.654 1644.00 1.655 1645.00 1.400 1656 .996 2360.00 1.400 1.600 1.770 2553.00 1.000 1.770		1309.00	1.500					
33.647 1*220 1*33 32.647 1*233 33.647 1*200 1*24 1*233 33.647 1*200 1*24 1*233 33.647 1*200 1*24 1*233 33.647 1*200 1*24 1*233 33.647 1*200 1*24 1*233 33.647 1*200 1*24 1*233 33.647 1*200 1*24 1*233 33.647 1*200 1*24 1*24 53.670 1*200 1*24 1*25 1*24 53.670 1*200 1*24 1*25 1*24 53.670 1*200 1*24 1*25 1*24 53.670 1*200 1*22 1*24 1*25 53.670 1*200 1*22 1*24 1*25 53.670 1*200 1*22 1*24 1*25 53.670 1*200 1*25 1*24 1*25 53.670 1*200 1*25 1*24 1*25 53.670 1*200 1*25 1*24 1*326 <td></td> <td>1345.00</td> <td>1.600</td> <td></td> <td></td> <td>and the second second</td> <td></td> <td></td>		1345.00	1.600			and the second second		
1400 1.500 152.00 1.700 152.00 1.700 152.00 1.700 152.00 1.700 152.00 1.700 152.00 1.700 152.00 1.700 155.00 1.700 155.00 1.700 155.00 1.700 155.00 1.700 155.00 1.600 1664.00 1.600 1694.00 1.600 1694.00 1.600 1694.00 1.600 11994.00 1.600 11994.00 1.600 11994.00 1.600 11994.00 1.600 11994.00 1.600 11994.00 1.600 11995.0 1.600 11995.0 1.600 11995.0 1.600 11995.0 1.600 11900 1.653 2191.00 1.600 1.600 1.776 295.00 1.000 1.777 555 366.00		1401 00	1.500				and a set of the set of the	
1.22+00 1.700 1*000 1.55+00 1.700 1*000 1.56+00 1.700 1*000 1.56+00 1.700 1*000 1.56+00 1.600 1.600 1.56+00 1.600 1.600 1.56+00 1.600 1.700 1.56+00 1.600 1.700 1.66+00 1.600 1.700 1.69+00 1.600 1.700 1.69+00 1.600 1.700 1.69+00 1.600 1.700 1.69+00 1.600 1.750 1.69+00 1.600 1.005 1.690 1.600 1.005 2.162+00 1.600 1.643 .974 2.162+00 1.600 1.643 .974 2.162+00 1.600 1.643 .974 2.162+00 1.600 1.643 .974 2.162+00 1.600 1.643 .974 2.162+00 1.600 1.643 .974 2.162+00 1.600 1.643 .974 2.162+00 <t< td=""><td></td><td>1526 00</td><td>1 650</td><td></td><td></td><td>and a start</td><td></td><td></td></t<>		1526 00	1 650			and a start		
1.100 1.400 1.401 1.100 1.401 1.401 1.100 1.401 1.401 1.111 1.400 1.401 1.111 1.400 1.401 1.111 1.400 1.401 1.111 1.400 1.401 1.111 1.400 1.401 1.111 1.400 1.401 1.111 1.400 1.401 1.111 1.400 1.401 1.111 1.400 1.401 1.111 1.400 1.401 1.111 1.400 1.401 1.111 1.400 1.401 1.111 1.400 1.403 1.111 1.400 1.403 1.111 1.400 1.403 1.1111 1.400 1.403 1.1111 1.400 1.403 1.1111 1.400 1.403 1.1111 1.400 1.403 1.1111 1.400 1.403 1.1111 1.400 1.403 1.1111 1.400 <t< td=""><td></td><td>154.00</td><td>1 700</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1</td></t<>		154.00	1 700					1
4.20 1000 1°000 1°030 1032 10400 1°232 4.20 1000 1°000 1°030 1°332 1°325 1°325 5.2 1000 1°000 1°040 1°22 1°325 1°325 5.2 1000 1°000 1°42 1°305 1°355 1°355 5.2 1000 1°000 1°42 1°305 1°355 1°355 5.2 1000 1°000 1°42 1°355 1°355 1°355 5.2 1000 1°400 1°42 1°44 1°455 1°455 5.2 1000 1°400 1°42 1°44 1°455 1°455 5.2 1000 1°400 1°42 1°440 1°445 1°445 5.2 1000 1°400 1°42 1°446 1°455 1°445 1°445 5.2 1°44 1°446 1°455 1°446 1°445 1°445 1°445 5.2 1°46 1°455 1°455 1°455 1°455 1°455 1°455 1°455 1°4		200 1561.00	1.700	1*001				1
37.5 1.600 1.600 1.615 0.64 1.233 37.1 1.600 1.600 1.615 0.64 1.265 37.1 1.600 1.600 1.625 0.64 1.233 37.1 1.600 1.600 1.625 0.64 1.223 37.1 1.600 1.600 1.625 0.64 1.223 37.1 1.600 1.600 1.625 0.64 1.625 50.500 1.600 1.625 1.665 0.665 1.665 51.7 1.600 1.600 1.665 0.665 1.665 0.665 51.7 1.600 1.600 1.665 0.666 1.725 3.6650 1.665 51.7 1.600 1.665 0.66 1.663 0.766 1.726 1.726 53.7 1.600 1.662 0.665 1.663 0.665 1.726 1.725 1.726 1.726 1.726 1.726 1.726 1.727 1.726 1.726 1.727 1.726 1.726 1.727 1.726 1.726 1.726		150 1004.00	1.600	* 352	4010+1	5		45.
3)249'00 500 1000 1'420 1'320 3)249'00 1'600 1'420 1'320 1'320 3)249'00 1'600 1'420 1'320 1'320 3)249'00 1'600 1'420 1'320 1'320 3)249'00 1'600 1'420 1'320 1'320 3)249'00 1'600 1'400 1'422 1'350 5)2700 1'600 1'225 366'50 522'445 1'320 5)2000 1'600 1'242 366'50 522'445 1'320 5)2000 1'600 1'242 366'50 522'445 1'320 5)2000 1'600 1'242 366'50 522'445 1'320 5)2000 1'600 1'242 366'51 1'320 1'320 5)2000 1'600 1'242 366'51 1'320 1'320 5)2000 1'600 1'242 366'51 1'320 1'320 5)2000 1'600 1'242 366'51 1'320 1'320 5)22000 1'600 1'242 366'51<		2001040,00	1.600	1740+	0076-0		1.005	1
1744.00 1.650 2103.0 312 1309.00 1.600 1.600 1.600 312 1494.00 1.600 1.600 1.600 1.600 1494.00 1.600 1.600 1.600 1.600 1492.00 1.600 1.600 1.600 1.600 1492.00 1.600 1.600 1.600 1.600 1492.00 1.600 1.600 1.600 1.600 1492.00 1.600 1.646 .641.0**10* 263.369 .621 2102.00 1.600 1.646 .641.0**10* 263.369 .621 .652 2102.00 1.600 1.655 .976 263.369 .621 .656 .653 .656 .653 .656 .		5201693.00	1.600	4	2001		.989	See.
1349.00 1.600 1336*d 336*d 1394.00 1.750 1502*d 367*d 1494.00 1.750 1502*d 362*d 1494.00 1.750 1502*d 322*3 1594.00 1.600 1.643 .974 244.348 2105.00 1.600 1.643 .974 244.348 .963 2360.00 1.600 1.643 .974 244.348 .963 2360.00 1.600 1.653 .887 268.24 .963 2360.00 1.600 1.776 .975 253.442 1.056 2395.00 1.600 1.776 .887 253.442 1.056 2432.00 1.000 1.777 .562 .564 .1376 255.00 .970 1.727 .562 .364.641 1.316 2755.00 .970 1.777 .534 .411.768 .335 2755.00 .970 1.777 .534 .417.629 .335 2755.00 .960 1.777 .534 .417.629 .335		TCT 1744.00	1.650	960 •	2103-0		.973	
10.1040 1°220 1°33 '970 1°32 13.1070 1°040 1°20 1°33 '970 1°32 13.1070 1°040 1°20 1°33 '971 1°32 13.1070 1°040 1°21 1°24 1°32 1°32 13.1070 1°040 1°21 1°24 1°32 1°32 13.1070 1°040 1°22 1°24 1°32 1°32 13.1070 1°040 1°22 1°24 1°32 1°32 13.1070 1°040 1°22 1°24 1°32 1°32 13.1070 1°040 1°22 1°24 1°32 1°32 5.1070 1°040 1°22 1°24 1°32 1°32 5.1070 1°040 1°22 1°24 1°24 1°32 5.1070 1°040 1°22 1°24 1°24 1°32 5.1070 1°040 1°22 1°24 3°47 6RAD 1°32 5.1070 1°040 1°24 1°24 1°24 1°32 1°32 <t< td=""><td>ċ.</td><td>r - 1819.00</td><td>1.600</td><td></td><td>1396.4</td><td>and the second</td><td>7uQ.</td><td></td></t<>	ċ.	r - 1819.00	1.600		1396.4	and the second	7uQ.	
1437.00 1.400 1.42 1082.0 1082.0 1437.00 1.400 1.43 1082.0 1082.0 1437.00 1.400 1.643 335.3 6841 1082.0 1437.00 1.400 1.643 345.3 68.5 69.5 1437.00 1.400 1.620 1.643 68.5 68.5 68.5 1457.00 1.400 1.620 1.643 68.5 <t< td=""><td></td><td>1894.00</td><td>1.750</td><td>. 02m</td><td>1508.8</td><td></td><td>.935</td><td>1</td></t<>		1894.00	1.750	. 02m	1508.8		.935	1
2079.00 1.600 1.93 335.3 900 2109.00 1.600 1.643 335.3 900 2109.00 1.600 1.643 .974 244.346 1.054 2109.00 1.600 1.643 .974 269.346 1.054 2300.00 1.600 1.643 .974 263.349 (621.11.511 2300.00 1.600 1.655 .976 265.3442 1.056 2300.00 1.600 1.727 .562 364.641 1.325 2500.00 1.100 1.727 .562 366.679 275.253 1.132 2500.00 1.000 1.727 .562 366.619 1.326 2500.00 .950 1.776 .565 386.320 1.331 2955.00 .960 1.776 .565 386.320 1.335 2105.00 .960 1.776 .551 314.641 1.326 2955.00 .960 1.777 .552 364.641 1.326 3148.00 1.000 1.815 .551 417.629 1.327<	ł	1923.00	1.700	* D G F	1082.0		2761	流
2109.00 1.900 2182.00 1.950 2319.00 1.600 2336.00 1.400 236.00 1.600 2336.00 1.600 2336.00 1.600 2336.00 1.600 2336.00 1.600 2340.00 1.600 2350.00 1.600 2432.00 1.600 1.400 1.653 2432.00 1.600 1.400 1.653 2432.00 1.600 1.400 1.653 2432.00 1.600 1.400 1.653 2432.00 1.600 1.100 1.653 2520.00 1.600 1.100 1.727 255.00 1.000 1.770 565 356.01 1.000 1.777 555 356.01 1.000 1.777 555 356.01 1.000 1.777 555 356.01 1.000 1.777 555		2079.00	1.600	* #E 3	335.3		•022	
2182.00 1.956 2519.00 1.600 2336.00 1.400 2360.00 1.600 2360.00 1.600 2360.00 1.600 2360.00 1.600 2360.00 1.600 2360.00 1.600 2360.00 1.600 2360.00 1.600 2360.00 1.600 239.00 1.600 1.653 .847 239.00 1.663 2432.00 1.000 1.663 .966 2520.00 1.000 1.000 1.776 262.00 .830 1.776 .662 2765.00 .970 1.727 .562 2655.00 .970 1.776 .551 2765.00 .970 1.770 .565 2953.00 1.000 1.770 .555 3148.00 1.000 1.777 .534 3148.00 1.000 1.615 .551		2105.00	1.900				C00	1
2336.00 1.600 1.643 .974 244.348 2336.00 1.400 1.646 .651 B*K*U*) 263.369 (621NU+0) 2360.00 1.600 1.653 .970 299.243 CBVO 200.243 2392.00 1.400 1.653 .970 257.253 1.132 2392.00 1.400 1.656 .966 253.442 1.056 2432.00 1.100 1.663 .842 275.253 1.132 2520.00 1.100 1.663 .842 275.253 1.132 2520.00 1.100 1.776 .440 .466 356.199 1.376 2662.00 .830 1.706 .466 356.199 1.376 2755.00 .970 1.727 .562 364.691 1.319 2955.00 .910 1.746 .521 384.841 1.349 2955.00 .910 1.770 .555 389.320 1.331 295.00 1.000 1.615 .551 411.768 1.327 3075.00 .9500 1.777 <t< td=""><td></td><td>2182.00</td><td>1.950</td><td></td><td>07:</td><td></td><td></td><td></td></t<>		2182.00	1.950		07:			
2360.00 1.600 1.600 .651 G M G T 205.09 (521 M G T 2360.00 1.600 1.650 .970 M G T 209.243 080 C W G T 2395.00 1.600 1.653 .847 209.243 080 C W G T 2395.00 1.600 1.656 .966 253.442 1.058 2432.00 1.70 1.656 .966 253.442 1.058 2520.00 1.100 1.656 .966 253.442 1.058 2520.00 .930 1.706 .466 366.199 1.376 2662.00 .830 1.706 .466 366.199 1.376 2735.00 .910 1.727 .562 .564 1.331 2955.00 .910 1.777 .562 .389.320 1.316 2915.00 .900 1.777 .554 .417.689 1.327 3075.00 .960 1.797 .534 .417.689 1.327 3239.00 1.000 1.676 .554 .417.629 1.327 3239.00 1.000 1.676 .5		2319.00	1.600	1.643	•974 46.************	244.348		25.1
2360.00 1.600 1.653		2230.00	1.400	1.040 017450		203.379 (b	SIVE	影
2395.00 1+60 1.656 .642 253.442 1.056 2432.00 1/2 1.663 .6642 275.253 1.132 2520.00 1.100 1.663 .642 275.253 1.132 2520.00 .630 1.706 .646 366.199 1.376 2562.00 .630 1.722 .581 356.199 1.376 2755.00 .970 1.727 .562 364.641 1.319 2755.00 .970 1.727 .562 364.641 1.349 2910.00 .970 1.727 .565 386.021 1.331 2910.00 .960 1.760 .545 386.021 1.331 2910.00 .960 1.770 .565 389.320 1.316 3075.00 .960 1.797 .534 411.768 1.327 3148.00 1.000 1.615 .551 417.629 1.327 3239.00 1.000 1.676 .554 431.413 1.332 3370.00 1.040 1.676 .554 446.196		2309.00	1.400	1 451	•B64/E/MD10	100 543.684 CRA	D SOMECARGA	
2+32,00 1 </td <td></td> <td>2360.00</td> <td>1. 4 AU</td> <td>1 656</td> <td>064</td> <td>253.442</td> <td>1.058</td> <td></td>		2360.00	1. 4 AU	1 656	064	253.442	1.058	
2520.00 1.100 1.6795 20856 V СОИ ГУ ЫЗВОЛЯЮНОВ СИ ЕТ.266 СО СУМЕНОИ 2562.00 .830 1.706 .486 .366.199 1.376 2735.00 1.000 1.722 .581 .357.244 1.365 2765.00 .970 1.727 .562 .364.641 1.319 2915.00 .910 1.746 .521 .384.641 1.349 2915.00 .960 1.760 .545 .386.021 1.331 2955.00 .960 1.770 .565 .389.320 1.316 3075.00 .960 1.797 .554 .411.768 1.339 3148.00 1.000 1.815 .551 .417.629 1.327 .3239.00 1.000 1.876 .554 .431.413 1.332 .3370.00 1.000 1.876 .554 .431.413 1.322 .3370.00 1.040 1.676 .554 .437.204 1.253 .3488.00 1.250 1.912 .654 .437.204 1.333 .3564.00 1.630 1.939 .841		2090.00	1.400	1.663	. 500	275.253	1.112	30
$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	-	2520.00	AC LOUGE CH	1.679	SCURECKERV CON	TV BEALBOATOIDVD I	M FT. 25250 CHASH	04
$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$		2062.00	.830	1.706	.486	356.199	1.376	~**
$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$		2730.00	1.000	1.722	.581	357.244	1.305	
2555.00 .910 1.746 .521 364.841 1.349 2910.00 .960 1.760 .545 366.021 1.311 2955.00 1.000 1.770 .565 389.320 1.316 3075.00 .960 1.797 .534 411.768 1.339 3148.00 1.000 1.815 .551 417.629 1.327 3239.00 1.000 1.879 .544 431.413 1.332 3370.00 1.040 1.676 .554 446.196 1.324 3484.00 1.250 1.912 .654 437.204 1.253 3564.00 1.630 1:939 .841 404.094 1.133		2765.00	.970	1.727	.562	364.641	1.319	116
2910.00 .960 1.760 .545 382.021 1.311 2956.00 1.000 1.770 .565 389.320 1.316 3075.00 .960 1.797 .534 411.768 1.339 3148.00 1.000 1.815 .551 417.629 1.327 3239.00 1.000 1.879 .544 431.413 1.332 3370.00 1.040 1.676 .554 446.196 1.324 3480.00 1.250 1.912 .654 437.204 1.253 3564.00 1.630 1:939 .841 404.094 1.133		2553.00	.910	1.746	.521	384.841	1.349	
2956.00 1.000 1.770 .565 389.320 1.316 3075.00 .960 1.797 .534 411.768 1.339 3148.00 1.000 1.615 .551 417.629 1.327 3239.00 1.000 1.676 .554 446.196 1.325 3370.00 1.040 1.676 .554 446.196 1.326 3483.00 1.250 1.912 .654 437.204 1.253 3564.00 1.630 1:939 .841 404.094 1.133		2910.00	•960	1.760	.545	358.021	1.331	
3075.00 .960 1.797 .534 411.768 1.339 3148.00 1.000 1.815 .551 417.629 1.327 3239.00 1.000 1.839 .544 431.413 1.332 3370.00 1.040 1.676 .554 446.196 1.329 3483.00 1.250 1.912 .654 437.204 1.253 3563.00 1.630 1:939 .841 404.094 1.133		2958.00	1.000	1.770	.565	359.320	1.316	
3148.00 1.000 1.015 .551 417.629 1.327 3239.00 1.000 1.679 .544 431.413 1.332 3370.00 1.040 1.676 .554 446.196 1.324 3483.00 1.250 1.912 .654 437.204 1.253 3563.00 1.630 1:939 .841 404.094 1.133		3075.00	•9ú0	1.797	.534	411.768	1.339	The
3237.00 1.000 1.077 1.074 431.413 1.352 3370.00 1.040 1.676 .554 446.196 1.324 3480.00 1.250 1.912 .654 437.204 1.253 3560.00 1.630 1:939 .841 404.094 1.133 3763.00 2.500 1.912 .841 404.094 1.133		3148.00		1.013	.331 54 m	417.029	1.327	
3488.00 1.250 1.912 .654 437.204 1.253 3568.00 1.630 1:939 .841 404.094 1.133 3763.00 2.500 1.939 .841 404.094 1.133		3637.UV 3374 00	1.040	1 676	654 654	446.106	1.304	
3563.00 1.630 1:939 .841 404.094 1.133 3763.00 2.500			1.250	1.912	-654	437.204	1.243	
3763.00 2.500		356d_00	1.630	1:939	.841	404.094	1.133	14
		3763.00	2.500			C. D. C. Barra Mark	en bernene de laise	200

176-

TADLA V. II MLSUL TAUP MEL	10 NO 21133.5.5		******	
		• • • • • • • • • • • • • • • • • • •		· · · · · · · ·

u

PROFUNDIDAD (N-8-M-R-)	TIEMPO DE TRANSITO OBSERVADO (MS/PIE).	TIEMPO DE Transitu Normal (MS/PIE).	COCIEINTE DE TIEMPUS DE TRANSITO.	PRESION CALCULADA E A T G N (KG/CM2)	DENSIDAD DE LODE EQUIVALENTE (6/CE
2003334543				NATE 34N 4N 4 0 N 10 4 80 0 10 1 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10	NARA 8-6 4 NENUMARA
	112 00	**********		* * * * * * * * * * * * * * * * *	
1055.00	120.00				18 3 19 19 19 19 19 19 19 19 19 19 19 19 19
1100.00	128-00			and the second second second	
1218 00	118.00				
1267.00	120.00				ి చ ించిన కి.
1 109.00	1114:00:333	**************		222223222222222222222222222222222222222	40045883 NW
1345.00	113.00	ទៅថ្ងៃស័១ភាទាភ្នំ»។។ 	ا هم ايم ايم ايم اين اين ايم ايم ايم ايم ايم ايم. - اين		0.20.00.000
1374.00	115.00				
1403.00	115.00				
1524,00	115.00			and a state of the	
1542.00	115.00	いいのちゃやしょういち	*****		CENCORA: 20
1561.00	118.00	してなかった。ここでもの語。 コンドにはないないでは、	# \$ 4,50 (* 15 2 6 0 5 5 4 \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$, , , , , , , , , , , , , , , , , , ,	5555555
1604.00	107.00				
1669.00	107.00				.
1693.00	108.00				
1744.00	108.00				그 같은 것은 것은 것 같아?
1819.00	100.00			1 9 9 9 4 4 W	
1894.00				a star and the	33
1923.00	87.00			and the state of the second	€ ⊼
20/9.00	95.00				
2100.00	90.00			<u>᠘᠅᠘᠅᠘᠅᠘᠅᠘᠅᠘᠅᠘᠅᠘᠅</u>	9 8 3 3 9 9 9 9 8 5 Y
3119 50	93.00	92.20	1919 9 991 9 5 5 5		
2317.00	93.00	91.75	.9866	273.213	1.083
2360.00	97.00	91.23	.9406	200.077	1.079
2360.00	96.00	90.77	.9455	257.386	1.075
2395.00	95.00	90.41	.4211	264.793	1.089
2432.00	96.00	89.50	47327 4738	325.639	1.292
2520.00	130.00	87,55	2 2 2 2 3 7 2 3 7 2 3	19910 36 - 220 1 1 9 19	3- 5 0 - 1 - 376
2662.00	147.00	04.4		379:318	1,385
2730.00	147.00	02.10	5501.01.2		2222 3.309
2765.00	147.00		6277		
2853.00	128.00	79.05	.6587	360.347	1.300
2910.00	120.00	SESTALZUSER	1909.6256 1995	8388 8 39 889 888 88	
2950.00	147.40	75-87	.6656	S	3.0077
3075.00	114.00	79.46	.6538		
3148.00	107.00	72.73	,6798	410.067	1 200
3239.00	134.00	70.32	,6761	434.731	1.319
3370.00		68.21	.6496	437.347	607
300m ()7	1 1 1 3 4 4 1 1 1		•		
3480.00	100.00	66.82	.6682	462.609	1.671

10.1

1 177-

i.

	(METADE) (P17.5)	DE POMMALION (PS1/FT)	CHADITHTESDE HUNDERTYVILLIS NIN, NAT,	MATTHEWS V HELLY SEA CASA
1.500 1.515		2405 240 240 240 240 240 240 240 240 240 240	.616 .649 .615 .670 .615 .670 .616 .671 .617 .673 .617 .673 .617 .673 .619 .675	ECONTARENTE
122.721 122.202 121.721	1422,000 000,214 1524,000 000,244 1524,000 000,244 1524,000 000,244 1524,000 000,244 1520,000 000,244 1520,240 000,240 1920,240 000,342 2133,600 7600,342 2157,960 7460,312 2064,960 7460,312 2057,960 7460,312 2064,960 7460,312 2057,960 7460,312 2064,960 7460,312 2065,960 7460,960 7460,312 2065,960 7460,960	465 465 465 465 465 465 465 465 465 465	. 621 . 678 . 672 . 700 . 622 . 700 . 622 . 700 . 623 . 701 . 623 . 702 . 624 . 702 . 625 . 706 . 625 . 705 . 626 . 705 . 626 . 706 . 627 . 708 . 627 . 708 . 627 . 708	
1010 20240 5834	2150, 150, 7740, 371 2153, 540 7521, 395 2462, 340 0, 250, 343 2462, 340 0, 250, 343 2462, 340 0, 250, 343 2490, 360 0, 263, 375 2590, 360 3, 263, 375 2641, 280 450, 421 2647, 309 9759, 427 2773, 520 9100, 451 2400, 360 9459, 451			845 950 951 955 955 955 955 955 955 955 955 955
15.20	2910,270 5902;280 (1, 7933, 61) 5004;590 (101937474 5364;590 (101937474 5364;590 (101937474 5352,600 (1007,53) 3596,520 (1007,53) 3596,520 (1007,53) 3413,760 (1260,54) 3413,760 (1260,54) 3520,440 (1250,55) 3520,440 (1255),56	一日 G ト 一 一 一 一 一 一 一 一 一 590 日日 テレビ ト 1 (5 - 1 - 590 日日 テレビ ト 1 (5 - 1 - 565 第 日日 日 日 日 日 日 日 1 - 555 第 日日 日 日 日 日 日 日 日 1 - 555 第 日日 日 日 日 日 日 日 日 日 7 171 7 - 746 4 - 794	.741 .798 .757 .700 .754 .008 .766 .018 .829 .866 .847 .979 .844 .877 .850 .802 .851 .013 .661 .841 .857 .009	.073 678 688 685 906 906 906 906 908 908 910 910 916
	3749.040 12363.60 3794.760 12469.60 3915.720 12469.61 3955.300 12205.61 3952.400 1220.93 3952.400 13107.63 4055.700 1325.0.64 4070.520 13.00.65 4114.000 13500.65		. 64.4 . 695 . 64.3 . 679 . 64.3 . 679 . 63.3 . 679 . 63.3 . 672 . 69.7	
	4213.400 18456.41 4213.400 18456.41 4213.400 18456.41 4213.400 18904.6 4213.400 18904.6 4001.10 180: 18406.7 405.400 180.1847.0 405.7.200 1955.7 4602.400 15166.7			975 972 931 935 936 948 948 948

TABLA VILL - REDUTADOS DEL CALINO CETENIDOS MEDIANTE EL PHOCIDIPIENTO AUTOMATICO DE CALCILO.

37

1 100 100 10

 \mathcal{M}

-171-

-178-







- 181 -





-183-







The second

-186-



ANU NE PARTINA PERFIL DE DEN SIDADU DE BLUTITAS CONTRA PROFUNDI -UADIONUERORE ARTINDAD COUE LREQNERE DELO USO ADELESCALAS EXPANDIDAS

-187.581-



-IGNU FIG VAIO DELOUDELOUSOGOE BESCALAS EXPANDIDAS EN UNA CAUDA STATAS CONTRA PROFUNDIDAD DE CONTRA PROFUNDIDAD

-188-181-



-189-:



-19041-





-192401 -

•







CRIMERON











no adecuado de densidades de lodo y tuberías de revestimiento IV 0107140

en pozos subsecuentes a perforar en el área de estudio.

a las tendencias normales de compactación, son trazadas en base al conocimiento del área y experiencia del analista, puesto que no existe un criterio establecido para definirlas.

El procedimiento de cálculo planteado en es-

- aol eb nôisamites al araq habili tummitum energiadant at -al sup av , arutsari eb v rôipennoi ep minitario e avoidadat at la densidad de lodo utilizada en v sotahum noimentare de atidts colierq sal eb nôisamites al v sotahum noimentare de atidts equivalente calculada, se debe rimbum noimentare de atidts de la técnica de Eaton al valor peschad ebahismetove enque a su vaz depende de la tendencia normator. Cuando se han regis-trazada y el manejo de la información. Cuando se han regis-trado directamente presiones de formation a sona anormal, - al es boisen e actuela e a sobarsone e actual estate a sona anormal, - al estada y el manejo de la información. Cuando se han regis-trado directamente presiones de formation e a sona anormal, - al es ocienam le ne sobarsulovni escara asidisogisol coin anormal, - al estone e de de de a sobarsono de a sonare estare anormal, - al estone e a sobarsono de a sobarsono estare anormal, - al exponente - puede de de de aron of anormal manditare arona anormal, - al exponente - puede de de a arona arona anormal el exponente estare a sobarsono ogneit nu arona y nòisamono estare arona anormal.

Considerar un gradiente de sobrecarga varia-

-- crucian de la relación local o regional entre la relación de la presiduidades, tiempos de trán regional entre la relación de realizatividades, tiempos de trán sito, porosidades, etc. y la distribución de acumulación de hidrocarburge, epueden tomarse decisiones bien fundamentadas hidrocarburge, encompos de condes de la complete para profundizar, encompos exploratorio.

Las estimaciones del gradiente de presión de Las estimaciones del gradiente de presión de formación y de fractura juegan un papel importante en el dise no adecuado de densidades de Lodo y tuberías de revestimiento CAPITULO IV en posos subsecuentes a perforar en el área de estudio.

Las tendencias normales de compactación, son trazadas en base al conocimiento del área y experiencia del analista, puesto que no existe un criterio establecido para definirlas. 64 (B) (B)

El procedimiento de cálculo planteado en es-

- arten at the stratified all and para la estimación de los -ya que fababiandras vindicarofrade af na abatilitu obol ab babianab la - cast le mer de las presion de las presion - castimación de las presion nemeritalentes con el uso relativalentes con el uso relativamente en-que a su vez depende de la tendencia normale de compagtación trazada y el manejo de la información. Cuando se han regis-trado directamente presiones de formación en la zona anormal, " atoaxe cam atenam and ab etanimistados en el maneto de la información y ahorra un tiempo considerable.

Considerar un gradiente de sobrecarga varia-

o isoal de la presión de formación y de fractura -regional entre la relacion de registividades, tiempos de trán atto, porosidades, etc. y la distribución de acumulación de --- amtol 360 "ACLEST Statifier of a fundamentadas ción normal constante se considera adecuado, ya que las varia ciones observadas no afectan de manera notable el resultado -

téreación y de finctura juegan un papel importante en el Gise

Se concluye que la eplicación de los métodos presentados, así obió la respueste de destos depende de la -cantidad y la calidad de la información disponible.

APENDICE A. - Los exponentes "d".

- or a sont a sont of the second of the seco

la variación de estos parámetros, y modificarlos a medida que Y semerporg sol es sobstall er lasymicani est se disponga de más información.

se da una breve explicación de los objetivos, el manejo, usí como ejemplos ilustrativos. Debido a que los programas implomentados la HP-41C están diseñados para manejarse en forma convorsacional no ne incluçon instructivos de manejo. Tam biče se subserional no ne incluçon instructivos de manejo. Tam biče se subserional no ne incluçon instructivos de manejo. Se concluye que la aplicación de los métodos presentados, así o**bib** la **Colument de la 46 de la -**cantidad y la calidad de la información disponible.

8 3 7 1 0 8 3 4 7 1 6 8 3 Se recomienda aplicar el mayor múmero de téc nicas posibles con el objeto de tener cierta confiabilidad en los resultados que se obtengan.

Se presentan seis programas, tres de ellos -

82-IT solebom asrobaluzian and offereneitituderaq aschañesibfe--- eb oteido ie non .014-94 al aragagezt ensiteasolivieder por rentes, debe analizarse la informagezt ensiteasolivieder por cada uno de los métodos para así poder decidir porreipedas uva información sea más confiable.

APENDICE A. - Los exponentes "d".

<u>os noisera el el el el el el el el cor E Elidere de </u>

se da una breve explicación de los objetivos, el manejo, así como ejemplos ilustrativos. Debido a que los programas implementados la HP-41C están diseñados para manejarse en forma conversacional no se incluyen instructivos de manejo. Tam bién se muestran los resultados obtenidos con el uso de la impresora correspondiente. Se concluye que la aplicación de los métodos presentados, así c**illo** la **Osperett de s**ecos depende de la -cantidad y la calidad de la información disponible.

8 3 7 1 0 1 3 9 6 1 mayor múmero de téc Se recomienda aplicar el mayor múmero de téc nicas posibles con el objeto de tener cierta confiabilidad en

los resultados que se obtengan.

Se presentan seis programas, tres de ellos -

APENDICE A. - Los exponentes "d".

- y notas eb noisere al et et engrage d'acture and ano sona so Con la finarda y con la finarda de presentes existentes en pobrepressonada y contant et este barga eliones existentes en pobrepressonada y conventantes et estes entan tos futuros, es conventantes parametros, y modificarlos a medida que

anargorg act estos prismetros, parametros, para estos de los programas estos programas de más información estos de más in

se da una breve explicación de los objetivos, el manejo, así como ejemplos ilustrativos. Debido a que los programas implementados la HP-41C están diseñados para manejarse en forma conversacional no se incluyen instructivos de manejo. Tam bién se muestran los resultados obtenidos con el uso de la impresora correspondiente. El uso de estos programas ofrece una ventaja considerable en la rapides de cálculo, así como una disminu-ción en las probabilidades de error inherentes en el uso de nomogramas u operaciones correspondientes. La introducción de los programas en la calculadora consume pocos minutos, pero este tiempo puede ser reducido de una manera significativa -con el uso de tarjetas magnéticas.

Ă

A P E N D I C E

El uso de estos programas ofrece una ventaja considerable en la rapidez de cálculo, así como una disminu-ción en las probabilidades de error inherentes en el uso de nomogramas u operaciones correspondientes. La introducción de los programas en la calculadora consume pocos minutos, pero este tiempo puede ser reducido de una manera significativa -con el uso de tarjetas maquéticas.

APENDICE

	101.05.0		Intellet	into	Printer
03 03	105	. โยว	052 76		
				41	<u>18 - 18</u>

Este programa calcula el exponente d' cuando se conocer la velocidadde rotación de la tuberia de perforerión (R.P.N.), el ritmo de penetración (F/HEF, el difactro de la perfena (HE), así como el peso ejercido so bre esta (LE). Además, si (se guente con el peso de lodo utilizado y el entivelente de la presión normal en la sona, puede calcularsenel expopo 40 40 100 100 100 00 000 vela 80 311 00 00 000 000

٧ù	IA 89	311		30 30	Ean		<u>- 40 00</u>	
И	9 S8	117		3.4000			30 30	110
TEP	11 97	118	PROCEDURE	787.92	1065	ENTER	2 PRESB	DISPLAY
1 98	Introd	icitri v	elocidad de		taria	N		CIU N
2	Introd	udir e	l ritmo de p	enetrac	16n:30	R	0 B	CIO R
3	Introd	ucire	diametrod	le la bar	rena	Db		Db
4	Introd	ucfr e	1 peso sob	re barr	na; 50	W	D	W
40	04 0	125		04 04	570		11163	4 (1)
	88 	126		43 ROL	070		(H) (H)	32.6
	191 91 190	CDJQC1	vo es el c	an o. Atcrió.	as tag			30
	seguir	cone	el paso 6.	an ee An ar	3 510			
	a 139	130		219 19	570			
5	Calcul	odel	exponente	"d". 5	5 970		E	"d"
C.	9 .eg ~Parau	SS! na nue!	va profundi	dad regr	esar a 1		18. 01	
444 195	 }		· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	₽₽™₽₩₩₩ \1 1 1				1.913
	ig ea	221		 911_F23				
6	Introd	lucir e	el gradiente	e de pres	10n not			C ST WY
	mal de	e laiz	ona, en pes	o de lodo	equiva		10 M 10 M	1.1.1
	lente	•		LON POL	ale ale	MWn	A*: *	MWn
7	Intro	ducir	el peso de	lodo ut	ilizado	MW_	B	MW.
8	CSICU		exponente	HAT 0 . C		4	Et	"A "
	- Carcu		- Aponence		0.009 (Чc
2	Para	una, nu	eva profun	aldad r	gresar		30	1 8 1 1
1	-a 1.	(* to 1		112 6	1 1 9 1		1. 1. A. A.	

USER DEFINED KEYS	DATA REGISTERS (IIII)	LABELS (Op 08)
• utilizada	10 31	(1999) (400) (GL)
• utilizada	11 35 12 1241	1.47) [Ya]. (1993) [Aug [27]
c utilizada	12 1,614 2.4	
• utilizada	TAS OF SEAL	
e utilizada	1. 651,665	
* utilizada	15 60 5	
🕴 utilizada	1. 1,000,000	
د	17 304331	
Û	1. 304313 68	
e utilizada	1, 65161565	••••••••••••••••••••••••••••••••••••••
FLAGS 0	2 3 4	6 6 7 6

7577 Tesas instruments incorporated

Ca

ROGRAMMERVERTOL MATELINEZ ROMATO DATE 1981

1

Cards	Printer	into	1.PInce	- Manual	9.5,91 Librar	104 (5)	(D) DCLution
			052 76	LBL		105	03 03
000 7	6 L BL	HOITGIF	BAM DERO	PRAG		106	65 X
-Fact in 001	1. A.		054 42	STO	1414	107	
002 4	2 10 52	obneuo	055 9764		calcula e	Same roc	Esec Ko
no de senetracion	diade . (.M.	6n (R.P.	0860149	RCLAI	a la tuber	109	Same Jak
02 0610 004 of	3. RCL amon	· · · · · · · · · · · ·	057 17	17.		110	54)
005 1		Tep ''	058 6169	La qu r	iametro de	11-0	284106
But Barzado y el	eso de quode	on el p	DS9 naga	98042	, Además,	182	983 mid
OarSODL expo-	Duede ADalch	zona,	060e 42	RCL no	izonr al a	413.	98 ADV
008 4	3 RCL		061 04	04		114	69 00
009 0	0 00		062 69	DP	." of of	HESEL	06106
010_6	9 UP		063 06	06	-	116	98 ADV
011 0	6 06	LIONS	HENSTHELET	380/S		117	92 RTN
E STO DISPLAY	Reserves	ENTER	065 76	LEL	PROCEDURE	118	76 LBL
u 013 7	6 LBL	14	066 17	B	C. F. f. 1	119	10 E.
014 1	2 8	1.12.3	0671534	STO O	relocidad u	150 m	71: SBR
<u>भ 015</u> 4	2 46 10	я	068:010	13 053G	1 ritmo de	126m	SISINE C
dia 016 0		Db	069 4		artomass 1	122	65 X
1 017 4	BRCL	¥.¥	070 11	3, ., 18	isara απα≆ D'T	"123"	3301 (E
" 018 1		W	anal 70	TIMP 910	1 peso sot	9 124 u	6431 RCL
019 6			072 0	4 04		125	04 04
020 0	J4 U4		073 4	3 RUL		126	55 ÷
021	43 KUL		074 -0	o nn seithe Charle	0 10 50 0V	0221c1	43 RCL
			073 6	y up	1 paso 6.	- 128 -	.05.05
023			076 0	6 UE	•	129	54 2
11 U24			077 9	1 K/S		130	95 =
- 025			078 7	P FRF.	exponente	(1,310	142 STD 2
020	NO LDL		1453629	D E E	a profandic	132	06 06
U46 000	10 L 12 CTU		080 4	J KUL		133	
04U 696	92 02		002 4	0 10		134	19 19
047	12 02 VZ		10021010		stastborp.	132	69 UP
1 UOU 601	40 KUL 10 10		1003 U	14 U4.	Station and constant	136	04 04
001	29.00		nos A	13 BCI	send the first	02137	SHARAKUL -
000 ANA 000	07/UF	a 1924 -	000. 4	E IE		138	
033	42 ⁰ 01		000		Sti manar 1	139	98 HUV
0.34	43 RUL	40 cros	000	D PCL		· 140-	P 69 UP
030	29 110		000	10 KUUS 10 00	aguanoaxe		06 06
0.30	02 UF 04 04		1007		bernord as	142	98 HUV
037	G1 P/G		090	10 T 10 T		145	91 KAS
030	76 I BI		021	10 KUL	electronic de la composición d	144	
040	14 1		092	$\mathcal{A}^{(n)} = \{1, 2, 3, 1\}$	HORE HEAR	140	00 0
n41	42 511		094	28 100		140	00 0
1042 M	03 03		095	rt Lug		140	0 100
043	43 RCI		090	53 416.			All and All All.
044***	13 13		097	42 PCI			nere in a le rai
	69 DP		098	16 16	100)	1 1 5 5 1 ; 14
	04 04		099	65 ×	54) 12 A. A. A.		44.27, 34
	49 PCL		100	43 PM	1		AN ASSESSME
C1 14 14	03 03		101	02 n	000 1 -1		Close at the
CAM 102 # 0497	89 m		102	55 -	305		
603 ES 656	de m		103	53 111	304		
	also suis			1 202	1. 65161		i free de la com
1.	. 1.	1.	-208-	1.			FORDER CAL
entra at	· · · · · ·	and they see	in the second second second	are sumed as a second			i dara
							· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·

5 ŝ.
LISTADO DEL PROGRAMA "DC" PARA CALCULADORAS EP-41C

Ejemplo A.1. Encontrar el valor de los exponentes "d" y "dc", a partir de los siguientes datos de perforación,

		"DC".	programas	108	utilizando	
10. 1			2 CLX 3 -11 2-			
		hr	the states	-	я	
19		.m.c	100 1	-	И	
	1.1		Remetho ac			
		achevit			W	
	P 7	19auae	Promet	72	D	
	and the second		13 1 666		ь	
1		/gal	5-1 7 C-8	81	awm	
		/gal	10,01	۵.,	BMM	
			18 • 5	4.5	<u>э</u> Б	
			28 LOG			
			22 STO 00			
			24 ARCL X			
hun			25 HVIEN 26 PSE			
NU 9	8008.681	4 2	27 PSE 28 ADV			
40.9	8805.85	\$ 4	29 ABV 38 -NO-			
5.7.2	1270 p	-63	31 ASTO Y 72 • MESER 4 2•		11	204.0
dea	02055 (1997)	5 1	33 AON		40	a eta la
or a	3423.283	17. 17. 18	35 ROFF		40 년 전	118 11101-74
			36 ASTO X 37 X=Y?		1941	1
19%	*	15 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	38 GTO *dc* 39 *Niiki ?*			
1.1	·	t~ 1194	40 PROMPT		$\sim r_{1}/k^{1}$	1.0.1.1.1.2
1.112		- and	42 PROMPT			
1.1.	and 1.1.1	West Sta	43 / 44 RCL 88		$\mathcal{F}_{-i}(t,t)$	a prove the
			45 • 46 *dc=*			
			47 ARCL X			
			49 END			

LISTADO DEL PROGRAMA "DC" PARA CALCULADORAS HP-41C

Ejemplo A.1. Encontrar el valor de los exponentes "d" y "d.", a partir de los siguientes datos de perforación, utilizando los programas "DC". WJJ SO ·C H- 59 20108 2 1/hr 100 1.p.m. N 25,000 36 14 9 7/8 di pulgadas D 198099 SI đ 2 13 1 686 8.96 11/gal 10.0 Silb/gal * 31 ? dc 1 81 201 05 N 13 88 012 55 *=b* 25 24 RRCL X 25 RYLER 26 PSE **K**ÜH 124 1 # ? 1917 75 RUN 198.0000 1782 200 **R**? · 44 · 55 20.0688 RUN Y 0120 C **b** ? 100. Н T ob All A. St. RUN 9.8758 20. R APR SC 12? 9.875 19633 15 DB 25,000.0000 RUN 25000. 169 6 Ų. d=1.6325 3- RST0 X 8.96 MUH 17-8 18 10. MWA "36" (11) 26" BESEA dc ? -F WH- WE RUN SI • 10 • 1.63246038 148 (201 44). MUN ? ·** 1.93* 11 8.9600 RUN 行使召击

1.462684501 • DC •

-210-000-

NHA ?

dc=1.4627

RUN

10.0000

.

* .+ P But is Maria D 211 84

68 · C4 + 8

 MILE
 EATOR
 MOE
 OF
 III Frogrammable

 PROGRAMMERNØBEOT
 Martinez Romero DATE
 1931
 Program Record

 Parilioning (Op 17)
 14.7.9.5.91
 Library Module
 Indistinto
 Printer
 Cards

PROGRAM DESCRIPTION

Este programa resuelve la ecuación de EATON para el cálculo del exponente y de la estimación de la presión de formación. Aunque se consideran resistividades en todo el desarrollo, puede ser utilizado con otros parámetros: Tiempos de tránsito, con ductividades o exponentes "d".

En al		1 ha			1.0.1	IONS	USERINSTRUCT		
PRESS		1	ENTER	PROCEDURE					
ana				a l		(d\q)	Introducir el gradiente de presión	1	
C / A	1.1	82 - X		-		N / /	- Dive be were another the	l e l	
	4			_		a) n	- INDEIGOS ON ONICIDATORIC IN INCLUME		
av	S	-		S		u (a	ga para et punto de interes.		
(o ^y		1	1	α		R	Introducir el valor de Ro.	E	
л ⁵	1			a [-		Rn	Introducir el valor de Rn.	1	
		Ì			. 1				
			1		ţ	APE	of se desea cacular P/2 pasat at		
		1	ng gan ng kan ng k	Ĩ			paso 7.		
a	\	i		A		C/4	Introducir el valor de P/D.		
	÷ .	Sec. 16		'a		1	falculo del exponente de la ec. de Paten		
		2	-				ara ya nuevo cálculo do « reare-	2 4 2	
		1	1		1		is or when page is us	-	
	i	1	1	۲.			deroducia el valor de a para la zona	s	
			1				Chicalo de PZD - la profundidad de		
2	15 9	1		13	-	1	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·		
				2	-		tra une nutva profundidad regresar		
e nels		-		1	4	ā,	Pass started . canting et .	.1.	
and the	1.44	*	187 1	17.8 1	14,141		数数 en SP HESD IB ALAO 「「」」、 HESD IB	1 1 11 405	
14	-112	a	6	2.1	10-		1 010,000,0000,000 lead	· · i m	
**	set in	.12.4	15 8				13.0.011.000.0000		
	Spec		1.4		2	4	010, 000, 0000, 1 ····		
1		- •	-1.1 e		. tol.		1 18 to a set of the state of the states	. t : 13	
S.A	R III	And A A	17.17 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	Bar a	Mar-145		1 1 1 . 5 . 5	· · · · · ·	
ALL P	- anite Riste	ale CIL	einen Veise	間1138 第三58	aria Alia		1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1	1 1 14	
REE	1	5775	297	11.10	*:4		116,041, 06,6 1		
ex.	713	E.C.	613	023	\$114		1 2 2 1 3 2 1 2 2 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1		
2 23	(int)	K 274	57	EU			h Isras	16111	
*****	- 12					i .	-211-	: 1 1 : 1 :	
	,		1					CUA	

ning (Cp 17) LA.Z & S.S. Library Mathe Tadietinto

Store Bart Lines Broners Offic

PROGRAM DESCRIPTION

Este programa resuelve la ecuación de EATON para el cálculo del exponente y de la estimación de la presión de formación. Aunque se consideran resistividades en todo el desarrollo, puede ser utilizado con otros parámetros: Tiempos de tránsito, con ductividades o exponentes "d".

stent

•

TEOL			ENTER	PRESS	
HEP			ENTER	FREGO	DISPLAT
1	Introducir el normal de la	gradiente de presión zona.	(P/D) n	B	(P/D)
2	Introducir el ga para el pun	gradiente de sobreca: to de interés.	S/D	c	s/D
3	Introducir el	valor de R _o .	Ro	D	Ro
4	Introducir el	valor de R _n .	R _n	E	R _n
	Si se de se a o paso 7.	calcular P/D pasar al	АРЕ		
5	Introducir el	valor de P/D.	P/D	A	P/D
6	Cálculo del es	xponente∝de la ec. de Ea	iton	D*	at
	Para un nue sar al paso	vo cálculo de « regre- número 2.			
7	Introducir e	l valor de « para laz	ona «	A'	ac
8	Cálculo de P	/D a la profundidad de			
	interés.			E'	P/D
	Para una nue	va profundidad regress	ar		
L	al paso númer	o 2. omitiendo el 7.			
USE	R DEFINED KEYS	DATA REGISTERS (Imp)		LABELS (Op	08)
A ut	tilizada	10 3,300,630,016 0		[000] [ing] [(L) (CLR) (#:1)
"u	til izada	1 2,200,330,031		(m) (Mal. (\$16)
c u	tilizada	12 3,600,630,016 2		101	
٥u	tilizada	13 35,362,331 ³			(1) (.+) (R/3)
Eu	tilizada	14 174,433			
[*] utilizada		15 1,744,330,071		5.5	
81		1.3,363,160,071			
C'		17 35,362,332 7			
ື່	tilíza da	•			
f'u	tilizada	9	115-		
FL	AGS 0	1 2 3	4 6		·

000 76 LBL 001 11 A 002 98 ADV 003 42 STD 004 00 00 005 43 RCL	052 91 R/S 053 H01 75 A.M. 054 15 X1 200 055 421 878 056 04103304 057 48 0RCL 058 13100 13	105 75 - 106 43 RCL 107 02 02 108 54) 109 95 = 110 28 LDG 111 55 +
006 10 10 007 69 DP 008 04 04 009 43 RCL 010 00 00 011 69 DP 012 06 06 013 91 R/S	060 04 04 061 49 000 062 04 04 063 69 20 04 063 69 20 04 064 05 08706 065 35 148 066 65 012 21 067 43 1806	112 43 RCL 113 03 03 114 28 LDG 115 95 = 116 69 DP 117 06 06 118 91 R/S 119 76 LBL 120 10 F
015 12 B 016 42 STD 017 01 01 018 43 RCL 019 11 11 020 69 DP 021 04 04 022 43 RCL	068 03)T2003 069 9X39503(****) 070 42 HST0 071 03:09903 072 91338445 073 7691986 074 16°78** 075 ***20570	121 98 ADV 122 98 ADV 123 43 RCL 124 16 16 125 69 DP 126 04 04 127 43 RCL 128 02 02
023 01 01 024 69 DP 025 06 06 026 91 R/S 027 76 LBL 028 13 C 029 42 STD 030 02 02	076 04 04 077 42 PCL 078 14 ⁰³ 14 079 69 0P 080 04 04 081 43 RCL 082 04 04 083 69 0P	129 75 - 130 53 (131 43 RCL 132 02 02 133 75 - 134 43 RCL 135 01 01 136 54)
031 43 RCL 032 12 12 033 69 DP 034 04 04 035 43 RCL 036 02 02 037 69 DP 038 06 06	084 06,4-06 085 91; R/S 086 76; LBL 087 19:00 1 088:0: 98: ADV 089 798: ADV 090 43: RCL 091 13:93: 15 092 69:005	137 65 × 138 43 RCL 139 03 03 140 45 Y× 141 43 RCL 142 04 04 143 95 = 144 69 DP 145 06 06
039 91 R/S 040 76 LBL 041 14 D 042 42 STD 043 03 03 044 43 RCL 045 17 17 046 69 DP 047 04 04	093 04 04 094 53 (095 43 RCL 096 00 00 097 75 - 098 43 RCL 099 02 02 100 54)	146 91 R/S 147 00 0 148 00 0 149 00 0 150 00 0 151 00 0
048 43 RCL 049 03 03 050 69 DP 051 06 06	101 55 (20) + 102 53 (20) C 103 434-RCL 104 01 V03 01 683 36	

10.2

的制

and the second second

ILIS**HOT**

	BOT	91 R/S	052		
43 RCL	106		059	191 AS C	រពិស
SO SO	501	CEFTX 3 1	054	A 11 1	min
54 2	301	U SALA	055	Vira se	ann
= 29	901		056	nna ce s	200
28 1.00	110		520		្រាប់
- 55	111		058	43 801	100
108 64	511	City Contraction	650	10 10	500
- SO - SO -	113		060	90 63	100
DDJ 85	411		130	04 04	800
= CY	GII	IL PROPERTY	530	43 RCL	900
HU CO	511	12. 4500 7.	200	00 00	010
00 00 000 Fe	211	13 PROMPT	920 900	69 DP	110
141 35	PIL	HA CC	- 400 - 550	- 06 - 0e	S10.
	120		- 000 - 720	239 IC	S10
พกติ 86	121		840	191 92	f. [1]
98 9DV	122	10=-15950-EX	990		c_{10}
43 RCL	123	ES ON SP	070	110 29	010
16 16	124	20)PROMPTO	071	114 55	うまれた 一部 とり 一
69 08	22 I	21 MOFFI @	570		etni.
Ū4 Ū4	126	22305TO-X.	073	an ea	nen
43 ROL	127		074	04 04	15.0
- 30 - 20	- 851	24 610 CAT.	075	49 RCL	22.0
- 61	821	26. • 5YR. 2*	970	10 10	65.0
	1001	27. PROMPT.	110	40 \$3	22.9
- 114 QH CO CO	主任主	28.¥1X	510 575	ac 80	125.10
	ಮುಂಟು ತ _ಲೆಲ್ ಶಿ	29 RCL 81	AT A M CHOMA	21 月 1 日 日	A2 Q
1942 52	1.5.1	30.0		191 91	120
111 111	781	31 CHS	(2)) (2))		
1.0	351				85.0
过度	TT CT L	33 · P / Ba ·	480		11.11
1114 C.S.	35.1	35 BRCLLX	÷ (3))		1.11
4.6	1.1	36 RVIEN	់ទីប្រ	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	
1.1	113+1	37 STOP: 1	医后位	643 255	1.1 1.1
1 - A A		38. GTO :*EA	TON*231	1.14 8.4	1211
111 A11	, 5 , <u>1</u>	390LBL .*EX	P 990	5.0 5.0	11 11
				10 5	5611
		42. FKUIT 1		all his	A 5.1
	1	43. 001 88.		1 1 10	10.11
41 44		44 + 000		134 47	*1 \$ -+ #
1.1 *1		45, RCL .81		1 1-1	1 6.00
· · 14		46 /		1710	5
2.0 1.2	the t	47 LOG	11.1	1.5.14	a sta
·	5 1171	48 RCL 02	19.28		1.1.1
		47 LUG	1. 12.44	· · · ·	
		52 ARCL X	1141	The states	
		53 AVIEN	101	1 at 2 be	÷(1.)
		54 MV	- 5 G (111 1 10	11. 1
		.55 ABV (1)	1.1.1	alt jui	1.1
		56 END	-214+15-		

Ejemplo B.2. Calcular el exponente """; Ltu nolicerrol es nolicert es esnelberg le relucies 1.6 olquit Utilizando los programas "EATON", con los si-guientes datos;

24. 10

datos:

psi/ft	0.559	±	FPG
ps1/ft	0.895		9 psi/ft ale
N(q) psi/ft	0.465	0.4	7 psi/ft (Q\q)
m-N		0.8	5 Ω-m
n-n	Steo.L	1.	3័
	• •	_ 1 .	2
1 . Same	PPG =	?	

883						
4/1149	200	570 2				
教徒等	C193.	CPH 7		e-A	有用行 。6	D114
80 4	Çar.			Q	5/8 ?	KUT
VIII	0.34	RSH0 P		1932)	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	RUN
· · · · ·		U. 465	GPN Szn	HHAL T	GPN ?* SAL	21W
2013	\$50.1	0.8	RSHD		RSHO ?	
1899		17 19 74 19 13	RSHN		.889	RUH
		1.2113	EXP	· 123	1.300	RUN
MIN	422.	110			DESER EXP ?	
	45.70	115.379A1 2004 4 4	D 200		NO FXP 2	RUN
•	0,000	107114	F 2 D 2		1.200	RUN
					P/B=0.657	

datos:

1 	PG =	0.5	59 ps	1/ft
psi/ft	e.0			i/ft
psi/ft	0.47	0.4		1/ft
m-n	8.0 R	.	85.	Ω-m
m-Ω •	ε.Ι R_n =	1.04	16 16	Ω-m
	1.2	= ?	24	
	5	12	FFG	

		RUN
	S/D ?	
	.895	RUN
	CPH ?	
	.465	Ruh
	RSHO ?	
1i-ta	.859	Ruh
12 - 2	RSHN ?	
Dident	1.642	RUN
计 特别公式	DESER EXP ?	
(*) × (*) ***********************************	SI	Ruh
	P/D"?"	_
	.559	RUH
	EXP=1.211	
111. 1	411 G WEES	

1103	0.559 0.895 ava	P∠D S∠D
illia	60PD. 465	GPN
HUR	0.850999 34.0416	RSHU RSHN
KIIS	 6443 6443 	
1202	13487721	EXP?
(11 /3	tesen exr ? Ko	
14951	4X3	
	978-8.657	

PROGRAMMERIESCOL MATCINES ROBERO DATE 198

Partitioning (Op 17) [47.959] Library Module Indiatint O

PROGRAM DESCRIPTION

0 0 22

Cards

Printe

Este programa calcula el gradiente de presión de fractura uti lizando los mótodos de Hubbert-Willis, Matthews-Kelly y Eaton. Ofrece la ventaja de la utilización conjunta o independientede los mótodos de acuerdo a la información disponible.

100 - 100 - 100 - 100 - 100 - 100 - 100 - 100 - 100 - 100 - 100 - 100 - 100 - 100 - 100 - 100 - 100 - 100 - 100		IONS	USER INSTRUCT	
PROCEDURE ENTER PRESS DISPLAY		PROCEDURE	STEP	
P/D	A	P/D	Introducir el PFG-	1
a/s	В	a/s	Introducir el grad. de sobrecarga.	2
	an en en			
			Calculo del FPG minimo por Hubbert-	ξ
MMWH	A.		W11115.	
e e e e e e e e e e e e e e e e e e e			Cálculo del PPG máximo por Hubbert-	4
XMWH	B		Willin.	
y, seguir	itthews-Kell	tilizar Ma	Si los datos son insuficientes para u	d e .
		APE	NDICE Cases in nor	
- 12		5 H	. Hereiterster ter	
1 1	1.1	1 1144	· 1 · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
J24'A	- -		. Array swamper fod har tap orboth	* · ·
and to at	con, regress	sel asall:	si ios datos son insulidientes parajut	1 1 25
-	; i a	52	riouborsni	9 1
2A3	'Q		Miculo del Fre por Eaton	3 (62 1
		i.		

411.1 - 14		ore -1 -2	1871 taf	67:43	8A.)	terman in the set of	(65	A REGISTERS I m. I	(AQ	ar Marsunada (1989
14		913 ^{co}	23	, est.	la ete		5 1	318.458	1 2	Chine States .
		480	1.0	1 · · ·	4			1	100	same from
*	1977	× .	13.7	- e	łt			1 · 1 · 13		1.
÷	. 6 . A	-	tim		104.		1	18.4.	1	and a state of the second
2.4	種門族	Link	(ID)					1. 7	.1 :	
1.3	第 注印	in the second	1,033	17.1	¥2.M	1				
12.31	SAF	春 烈派	記録	128	\$23			s order over		-2-1 \$ S
CD.	憲論	S. in the	TT V	Kinger 1	27.1			*		+14- + 4 - 5
6.1	K MA	经证	11 8	113	新建	1		1 f f 1 1	1	1.176 1.1
1723	CY3	1:28	5.2	1231	V 23					\$18-10 + 1 2 Mar -
				er.a	R 7.2				2.4	
1 ann 11 4 45,7	6				. [-217-	· ·	-	

(Cp 17) L4.7. 2.2. Library Mobels _______

PROGRAM DESCRIPTION

湯(1)

1 1 5 1 8 0 K

Ca

Este programa calcula el gradiente de presión de fractura uti lizando los métodos de Hubbert-Willis, Matthews-Kelly y Eaton. Ofrece la ventaja de la utilización conjunta o independientede los métodos de acuerdo a la información disponible.

1.9.93	USER INSTRUCT	ICHIS	a the state	
STEP	PROCEDURE	ENTER	PRESS	DISPLAY
1	Introducir el PFG.	P/D	A	P/D
2	Introducir el grad. de sobrecarga.	5/D	B	S/D
3	Cálculo del FPG minimo por Hubbert- Willis.	A 40 4 1 4 1 4	۸.	HWMN
4	Cálculo del FPG máximo por Hubbert- Willis.		B*	HWMX
5	Si los datos son insuficientes para con el paso 8. E J I (W	utilizar M A P E	atthews-Kel	Ly, segui
6	Introducir Ki.	Ki	c	K _i
7	Cálculo del FPG por Matthews-Kelly.		C'	МК
8	Si los datos son insuficientes para	utilizar E	aton, regre	har al pa
9	Introducir	U U	D	U
10	Cálculo del FPG por Eaton		ים	EAT

USER DEFINED KEYS	DATA REGISTERS (IIII)	LABELS (Op 08)
^utilizada	10 336316 0	(mit)
•utilizada	¹¹ 366316 ¹	1 (F) _ [Jm] _ (MS) _ (NCC) _ (NAM _ (P)
^c utilizada	12 2624 2	
⁰ utilizada	13 3141 3	
ť	14 23433031 4	
~utilizada	15 23433044 5	
^{B'} utilizada	14 3026 6	
cutilizada	1, 171337 7	
°utilizada	R 8	
£.	9	
FLAGS 0	2 3 4	• • 7 •

+ 1977 Teass Instruments Incorporated

051 91 P/S 104 04 (RO4) as 156 00 0	103 69-0P 93 94 156 00 0 051 91 82 104 04 180491 157 00 0	100000 10000 10000 10000 0000 10000 10000 10000 0000 10000 10000 10000 0000 10000 10000 10000 0000 10000 10000 10000 0000 10000 10000 10000 0000 10000 10000 10000 0000 10000 10000 10000 0000 10000 10000 10000 0000 10000 10000 10000 0000 10000 10000 10000 01100 10000 10000 10000 01111 10000 10000 10000 01111 10000 10000 10000 01111 10000 10000 10000 01111 10000 10000 10000 01111 10000 10000 10000 01100 10000 10000 10000 01100 10000 10000 10000 01100 100000 10000 100	052 053 054 055 056 057 058 059 060 061 062 063 064 065 066 067 068 069 070 071 072 073 074 075 076 077 078 079 080 081 082 083 084 085 086 087 082 083 084 085 086 090 091 092 090 091 092 093 094 095 096	76 LDL 16 H* 98 R* 98 R* 943 RCL 939 14 14 69 G* 943 RCL 939 943 RCH 94 943 RCH 94 953 1072 38 953 1072 38 953 RCL 978 953 C 953 RCL 978 953 C 953 C 953 RCL 978 953 F 953 RCL 978 953 F 954 91 393 81 955 - XNI 81 957 - XNI 81 958 90 90 959 91 393 81 959 92 951 93 952 RCL 93 953 RCL 93 954 93 957 93 958 943 959 959 959 959 </th <th>$\begin{array}{r} 105 \\ 107 \\ 108 \\ 109 \\ 110 \\ 111 \\ 112 \\ 133 \\ 114 \\ 115 \\ 116 \\ 117 \\ 112 \\ 113 \\ 114 \\ 115 \\ 116 \\ 117 \\ 112 \\ 113 \\ 114 \\ 112 \\ 113 \\ 112 \\ 113 \\ 112 \\ 113 \\ 112 \\ 113 \\ 112 \\ 113 \\ 112 \\ 112 \\ 113 \\ 112 \\ 112 \\ 113 \\ 112 \\ 112 \\ 112 \\ 113 \\ 112 \\ 123 \\ 124 \\ 125 \\ 126 \\ 127 \\ 128 \\ 129 \\ 120 \\ 121 \\ 122 \\ 123 \\ 124 \\ 125 \\ 126 \\ 127 \\ 128 \\ 129 \\ 130 \\ 131 \\ 132 \\ 133 \\ 134 \\ 135 \\ 136 \\ 137 \\ 138 \\ 139 \\ 140 \\ 141 \\ 142 \\ 143 \\ 144 \\ 145 \\ 146 \\ 147 \\ 148 \\ 149 \\ 150 \\ 151 \\ 152 \\ 153 \\ 154 \\ 155 \\ 154 \\ 155 \\ 154 \\ 155 \\ 154 \\ 155 \\ 156 \\ 157 \\$</th> <th>43 RCL 65 RCL 75 RCL 76 0 76 1 77 17 76 0 77 17 76 0 76 17 77 17 76 17 77 17 76 17 77 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17</th>	$ \begin{array}{r} 105 \\ 107 \\ 108 \\ 109 \\ 110 \\ 111 \\ 112 \\ 133 \\ 114 \\ 115 \\ 116 \\ 117 \\ 112 \\ 113 \\ 114 \\ 115 \\ 116 \\ 117 \\ 112 \\ 113 \\ 114 \\ 112 \\ 113 \\ 112 \\ 113 \\ 112 \\ 113 \\ 112 \\ 113 \\ 112 \\ 113 \\ 112 \\ 112 \\ 113 \\ 112 \\ 112 \\ 113 \\ 112 \\ 112 \\ 112 \\ 113 \\ 112 \\ 123 \\ 124 \\ 125 \\ 126 \\ 127 \\ 128 \\ 129 \\ 120 \\ 121 \\ 122 \\ 123 \\ 124 \\ 125 \\ 126 \\ 127 \\ 128 \\ 129 \\ 130 \\ 131 \\ 132 \\ 133 \\ 134 \\ 135 \\ 136 \\ 137 \\ 138 \\ 139 \\ 140 \\ 141 \\ 142 \\ 143 \\ 144 \\ 145 \\ 146 \\ 147 \\ 148 \\ 149 \\ 150 \\ 151 \\ 152 \\ 153 \\ 154 \\ 155 \\ 154 \\ 155 \\ 154 \\ 155 \\ 154 \\ 155 \\ 156 \\ 157 \\ $	43 RCL 65 RCL 75 RCL 76 0 76 1 77 17 76 0 77 17 76 0 76 17 77 17 76 17 77 17 76 17 77 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17
	ማቆቆር ይመም እንግ እን ግንቶ እስ	048 80 3 8 03 049 80 69 8 09 050 06 06 051 91 P/S	101 102 103 104	43 RCL 16 3 35 16. 163 35 69 OP 933 95 04 18043 83	154 155 156 157	92 RTN 90 0 00 0 00 0

52 610 -1HIT- 220-

RCL	43	105	76 I BL	Sea.	
00	00	901	·A A	-200 P20	
T	08	201	VIA se	150	St -CHOLE SE LOOTON
20	04. 00	301	43 605 -	220	8.8.100
	20	~!!!	ALL HI	aen	Constant Son
	02	111		ร้อ๊ก	003
103	5	111	Did war	820	
iñ	tn	L 	AS Fritte H left	650	005 11 10
	25	DIT	64 - 1/1 - 00	060	. 1 4 300
LOA	C1-	211	65 Mourt, CB	130	200 m 300
00	00	611	96 STO 10	062	107 - CO 2011
ς.	54	711		san	
	95	311		£-00	
90	63	119		53U	
0U	90	120	11 STO 15 9 83	្រុលម្អ ក្រុងស្រុះ	19. 17 1121 11
11131	SE	121	12 3 10 10	820	9 68 9 1 4 1 G
1.2.4.1. The form	d)	SSI CO.	13 1/4 - 25	Pan	0150 12.10
NUL NUL	51	021	14 RCL 119 81	050	10 70 00 310
104	22		15 00 00	150	197 1 CL 1 971 CL 1971 O
51	21	201	10 KL 10	072	
DP	eā.	127	1018 54	870	
}- Ω	40	129	19 MCL	124	
RCL	S þ.	123	20 AVIEN	C 10	75-LBL -EAT-
00	00	130	21 2	310	76, 05, 01
·ir	65	131	22 1/2 19 9	300 300	
104.05		132		270	
1.1.2	12 (4) 147 (4)		25 PM 103	080	
· · · ·	in an Sa ta	- オシレ - ヨウト	26 · VUA 20	180	
1	()P	「小小小」	27	580	82 1
ţ.		151	28 ARCL N 01	E80	63 +
-	7	381	29 AVIEN (D) Sta	4.5.0	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
10	C de	26		-19 <u>0</u>	
2.13	1.1.1	111.	32 000 (17) (1.17)	्रसम्	9746
5	-1-	124	33 -SE CONOCE KI- ?-	0.047	1 18 BCL 18
	केर्द	201	34 PROMPT		0 89 303 75 15
	4.22	:+i	35 AOFF	Qen	141 90 FEAT= -
100	10.1	3. 3. 1	36 ASTO X	10	91: MRCL X the
111	1.50	1.11	ST KEYP	្រទំព	72 WVIEH
		1.1.1	30 ACU 14	t PQ	TARK TARKET
1 8 1	17 1	1.1	48 XE9 -X1-	标识的	940LBL -K1-
	13174 -	÷1.1	41 RON	1	95 -KI BESCONOCI BR-
	÷+ 1	1.19	42 *SI+	133 A.S.	% AVIEN
	1.7 1	101	43 ASTD Y	1.1	97 RTN
163	1. 24	121	44 "SE CONOCE NU ?.	14 11 11 11	
1.12	11.1			See. 1	
11 11	1		47 BETA V	16.1	
	101		42 X=Y?	.11	101 ETH
1.1	1111	5.	49 XEO .EAT-	103	102 END
			50 FC7C301 1413	101	
			51 XEQ -WW-	6 • • •	80 32 LPU L-14
			37 CTR •1#IT+	~ V I S ~	

-220-

Ejemplo C.1. Estimar los gradientes de presión de fractura a IIIV o I siguientes datos, con los métodos-

de Hubbert-Willis, Matthews-Kelly y Eaton.

А Я U T A J O И Е М О И P/D = 0.7712 psi/ft B/D = 0.9869 psi/ft X₁ = 0.6699 A = Area. D = 0.4700

Ast " Area de la sección transvars initian flujo de calor.

a = Conficiente de perforabilidad de la roca.

 $G_{p} = Conductividad de la lutita la sobre la tendencia$ normal de compactación.

 $C_0 = Conductividad de la lutita leída sobre la desviación de los datos de registro.$

RUN

	lutita.	ob babiy CRADIENTES DE - 140	
0.7712089	P/D	FRACTORA	
0.93686858	SZB	e * Constante.	
0.66991173	KI	P/3 ?	
0.470085	NU	.((12807	KUN
		. 19695.000 107651 00 (1	RUH
0.84309546	HWMN	NM114=0.8431	
	.1.06 11	ad al ab diministra 8799 a da	
0.87903874	HWNX	SE CONUCE KI ?	RUł
	1. 4 11 1	31 31	
. 9156818493	MK	.66991173	RU

ERT=0.9625

COL CILL O BE 105

Ejemplo C.1, Estimar los gradientes de presión de fractura a **IIIV O 1 UNENTES de presión de fractura a** partir de los siguientes detos, con los métodosde Hubbert-Willis, Matthews-Kelly y Eaton.

> **A R U T A J D R Z M O N** p/D = 0.7712 psi/ft S/D = 0.9869 psi/ft $K_1 = 0.6699$ o = 0.4700

Ast = Area de la sección transversal al flujo de calor.

a = Coeficiente de perforabilidad de la roca.

 $C_n = Conductividad de la lutita leida sobre la tendencia$ normal de compactación.

 C_0 = Conductividad de la lutita leída sobre la desviación de los datos de registro.

1913

C_{sh} = ³Conduceividad de lutita.

			STATE 177.40
	c = Constante.		
ang	ener er t	4.1	化学生 计图合 医小疗
10.5			799956 .O
法投	D = Profundidad.		
	12.+3.0=用10桶	多世色的社会者	34 24 9 14 4 . C
	$D_b = Diametro de la$	barrena.	
atin	SE_000499	11144.88	D. Charles to
গ্ৰহস	12		
UH T	D _e = Profundidad equ	ivalente.	Contraine in a
F. 1.1			and strand one of the second
	注意見,各な200		

D_i = Profundidad equivalente a la cual el esfuerzo vertical neto, soportado por la roca, es normal.

1. 新闻 4 百百百

Ki = Coeficiente de esfuerzo de la matriz, adimensional. Kma = Coeficiente de conductividad termica de la matriz. -ron sionebnet al erdos oblel .obiperroo b etnenoqx3 = 6 de las Kah = Coeficiente promedio de conductividad termié8 de las lutitas. -ob noisaivesb al ardoe oblai, obiparros b ananogxa a so to- $K_{\rm f}$ = Coeficiente de conductividad termai resultanee o total. dT/dt = Gradiente de temperatura. KT = Cooficiente de conductivitad termica. Ky = Coeficiente promedio de conductividad termita del aqua de formación. F = Factor de formación. F_p = Fuerza ejercida por un pistón. butignos = 1 $F_{sh} = Factor de formación de lutita.$. sitator seem ofted action = AMRM. Fsho = Factor de formación de lutita a un esfuerzo vertical MW_a = Gradicate de presión normal para la rona, en peso de FP = Presión de fractura de la formación. noina de lodo utilizado en la perforación a la profun. A **formación de fractura de la formación.** Afdad de interés. m = Constante, aproximadamente igual a la porosidad. h = Altura de la columna de gas. . notos departo sá samano pal K = Constante que depende de la densidad de los sedimentos con sus fluidos, de la densidad del agua, de la

aceleración de la gravedad y de un factor expotencial .nolse mod Hardel - 001

-223--224-

Kas - Coeficiente de conductivided "ternica de la matriz. al ab^d abiarat babivitoubaoo ab oibemorg sobre la tendencia nor-mal de compactación. lutitas.

K, - Coeficiente de esfuerzo de la matriz, adimensional.

leido sobre la desviación de-Kt = Coeficiente de contractido, leido sobre la desviac los datos calculados. tal.

KT = Coeficiente de conductivided de conductivided

K. = Coeficiente promodio de conductividad termica del agua de formación.

F = Factor de formación.

L = Longitud.Fp = Fuerza ejercida por un pistón.

Ln = Logaritmo Neperiano o Natural.

Estor de formación de lutita à un estuerro vertical

MWa = Gradiente de presión normal para la zona, en peso de PP - Treatôn de insciera de la formación.

MWn = Peso de lodo utilizado en la perforación a la profun recentra de la formation de tractura de la formation. didad de interés.

m = Constante, aproximadamente igual a la porosidad.

asp ob anamico ni sa nagor s $m_c = Exponente de cementación.$

. Sectante. de de la densidad de los sectimen-(.m.q.r.) **sarrata la biolori e biologi e de la sectimen-**con con actividos, de la densidad del agua, de la melected to the gravedad y de un factor expotencial

PPG = Libras por galón.

p = Presión.

No = Registividad de la lutita leida sobre la desviación-.aiacopp 90:03490 [correlaciónoquerico noiser? = g

R_{sh} = Resistividad de lutita. .nôisergerdo8 = xe9

4.111(2) 23

- Pr = Presión.delpeno de legangién babivitalass =
- R_{wca} = Resistividad d**@piagazoleebalamonamabiserd**ama**gq**la lutita considerada.
 - Pfg = Presión correspondiente al punto de fuga. . eston de sobrecarga = 2
 - $p_u = Presión hidrostática.$

SSP = Potencial espontáneo.

- P_{hc} = Presión en la cima de una comuna de aceite o gas. S/D = Gradiente de presión de sobrecarga.
- p_m = Presión ejercida por el lodo de perforación.

T = Temperatura.

p/p = Gradiente de presión de formación.

Tr = Temperatura de fondo.

 $(p/D)_n$ = Gradiente de presión normal para la zona en estudio.

Ta - Temperatura ambiente.

- pg/D = Gradiente de presión de una columna de gas. .paguad al audos obschigs cases = W
- P_w/D = Gradiente de presión de una columna de agua. .notra de la ecuación de la ecuación de la presionada = π
 - $Q_z = Flujo$ de calor en dirección vertical. .odianado de ognetre a secondadade en seconda
 - R = Ritmo de penetración. . pineauina obiuli ob odiantar ob oquaista ().
 - Rmf = Resistividad del filtrado del lodo.
- -nou R_n = Resistividad de la lutita leída sobre la tendencia normal de compactación. .ndicesta de la lutita leída sobre la tendencia normal de compactación.

p = Presión.R. - Resistividad de la lutita leída sobre la desviaciónp. = Presión corraspon**éteniges! lebricsio Gélege**la. R. - Resistividad "depresed de Comación.ndizerg = wi R ... = Resistividad dellagua de stalarena smidicerdana egla lutita considerada. $p_{fg} = Presión correspondiente al punto de fuga.$ 8 = Presión de sobrecarga. p_H = Presión hidrostática. SSP = Potencial espontaneo. f_{hc} = Presión en la cima de una columna de aceite o gas. S/D = Gradiente de presión de sobrecarga. pg = Presión ejercida por el lodo de perforación. T = Temperatura.p/n = Gradiente de presión de formación. T_{T} = Temperatura de fondo. $(p/\epsilon)_{ij} = Gradiante de presión normal para la zona en estudio.$ T_A = Temperatura ambiente. South a state of the presion de una columna de gas. W = Peso aplicado sobre la barrena. 2000 · Gradiento de presión de una columna de agua. « = Exponente de la ecuación de Eaton. Q. Flujo de calor en dirección vertical. Δ_t = Tiempo de trânsito. a = to two de penetración. Δ_{tf} = Tiempo de trânsito de fluido saturante. abol Job obratilit tob babividateral - tel Atm = Tiempo de trânsito de la matriz rocosa. $\Delta_{tn} = Tiempo de trânsito de la lutita leido sobre la ten <math>\Delta_{tn} = Tiempo de trânsito de la lutita leido sobre la ten-$

dencia normal de compactación.

 $(\sigma/\Phi)_{AII} = Gradiente de presión Vertical anormales o ortado por$ la roca. $Lult eb anaulos anu roq obiszete noiserq eb etneiberD = <math>1 \lambda$ $\tau = Esfuerzo cortante.$

.as be an analog and rog oblighter on the part of the part of the content of the part of

 $\lambda_T = Gradiente de temperatura.$.bsblaoro4 = ϕ

Diun roine al residence de presión ejercido por una columna de agua.

 μ = Viscosidad. μ = Porosidad de Lutita.

Cano * Tebricamente es la ¢ah 2 un egrerize velle valor nulo.

 ρ = Densidad.

 ρ_f = Densidad del fluido dentro de los poros.

 $\rho_{\mathbf{R}}$ = Densidad de la matriz rocosa.

 $\rho_{sh} = Densidad de lutita.$

σ = Esfuerzo vertical soportado por la roca.

σ_u = Esfuerzo horizontal soportado por la roca.

σ/p = Gradiente de presión neto vertical soportado por la roca.

al roq bairoque la de los datos del registro.

(o/D)an = Gradiente de presión vertical anormar soportado por-

la roca.

 $\lambda_{f} = Gradiente de presión ejercido por una columna de fluido.$

T = Esfuerso cortante.

de gas. de gas. de gas. de gas. cia ficticio en el lodo de perforación.

 $\lambda_{hc} = Gradiente de presión en la cima de una columna de -$ aceite o gas.

Relacion de Poisson.

Alor nula de presión elercido nos una columna de aqua.

 ϕ_{sho} = Teóricamente es la ϕ_{sh}^{521} un estuerzo vertical de valor nulo.

, spinning = n

... - Densidad del flalde dentro de los poros.

is bensidad de la matriz rocosa.

.ndigul ob onbianod # data

a control separtado por la reco.

. Perservo mornantal seperbado por la reca.

se de de la serencia de la seconda de la s

Eaton, B.A. "Fracture Gradient Prediction and its Application in Oil Fiedl Operations". Journal of Petroleum Technology, -1353-1360, October, 1969.

CAPITULO IX

Hubbert, M.K. and Willis, D.G. "Mechanics of Hidraulic Fracturing". Trans. AIME, 210, 153-168, 1957.

"Abnormal Subsurface Pressure. A Study Group Report". Houston, Texas, 1969-1971.

Gómez, R.O. "Registros de Pozos". Parte 1. Teoria e Interuses Q. (Qitemio 99, noitemitel" .1. H. nelado bas .8.L , reteo - to lanruot ."anaizuol erodetto, zyevrud lapirtoell mort er Cortéz, P.L.A., B. (Standarder viriged 1., Coldand autors of dientes de Presión de Formación y de Fractura en las Formacio - orte 10 pienuel, do Peitager nelade havired (cortors de corte 10 pienuel, do Peitager nelade havired (cortors de la Explotación, IMP, oto 1905 notación y de la entre de la Explotación, IMP, oto 1905 notación de la Explotación, IMP, oto 1905 notación y de la entre de la Explotación, IMP, oto 1905 notación de

-19 Kreith F.C Principles of Heat, Gransferne buinternational Text

un Technology, 1387-1394, November, 1966.

García R.J., Ballinas N.J. y Manríquez G.R. "Estudio de Zonas con"Presiones Anormales en el Aren Beforma Chis", Divisiónde Evaluación de Formaciones, Bubdirección de Tacnología de la Explotación, IMP, 1978.

Sayder, A.S. and Suman, G.O. "High Pressure Well Completions".

Ferrán, A.L. "Evaluation of Abnormally High and Low Pressu-red Morrow Sands in Northwestern Oklahoma Using Well Logs and Water Sample Data. M.S.Thesis, Univ. of Tulsa, Tulsa, Okla., 1973.

-064-

Eaton, B.A. "Fracture Gradient Prediction and its Application in Oil Fiedl Operations". Journal of Petroleum Technology, -1353-1360, October, 1969.

XI OLUTIGAD Hubbert, M.K. and Willis, D.G. "Mechanics of Hidraulic Fracturing". Trans. AIME, 210, 153-168, 1957.

A I I A A D O A IStudy^d Group^d Report". Houston, Texas, 1969-1971.

2x9 Jorden, JIR. and Shirley, TO.J.SH "Application: of Drilling: Performance Data to Overpreserve Detection SubJournal of Petrole um Technology, 1387-1394, November, 1966.

Lewis, C.R. and Rose, S.C. "A Theory Relating High Temperatu

re from Drilling Data". SPE 3601, 46th AIME Fall Meeting, --New Orleans, Oct. 3-6, 1971.

Garria R.J., Ballinas N.J. ý Manriquez G.R. "Estudio de Zonas ."erussergrevo ztated eqleH golvytienebwelkh2^{mis}", drugebor de Evalue. 8021 d. 21 redestq88, 021-21: qfknuðt "sö bhallio^{lo la} Estudio alto, 1978.

Snyder, R.E. and Suman, G.O. "High Pressure Well Completions". ""World VOIL 2014 August 2019 08780 noisellave" . J.A. (http:// bn. apol 1500 prize and the pressent of the prize of the pri

-230-

Fillipone, W.R. "On the Prediction of Abnormaly Pressured Sedimentary Rocks From Seismic Data". Congreso Panamericano de Ingeniería del Petróleo, 1979.

Matthews, W.R. and Kelly, J. "How to Predict Pormation Pressy re and Fracture Gradient". Oil and Gas Journal, 92-106, Fe-bruary 20, 1967.

Fertl, W.H. and Timko, D.J. "Ocurrence and Significance of Ab normal Pressure Formations". Oil and Gas Journal, 62-71, 1970.

Borel W.J. and Ronald L.L. "Ways to Detect Abnormal Formation Pressures". Petroleum Engineer, July, 1969.

Walter H. Fertl. "Abnormal Formation Pressures". Elsevier -Scientific Publishing Company. New York, 1976.

Eaton, B.A. "The Equation for Geopressure Prediction from -Well Logs". SPE 5544, 50th AIME Fall Meeting, Dallas, Texas, Sept. 28-oct. 1, 1975.

Eaton, B.A. "The Effect of Overburden Stress on Geopressure-Prediction from Wells Logs". Journal of Petroleum Technology, 929-934, August, 1972.

Hubbert, M.K. and Rubey, W.W. "Role of Fluid Pressure in Mechanics of Overthrust Faulting", Geol. Soc. of Amer. Bull, 70, 115-206 February, 1959.

Whalen H.E. "Understanding and Using Frac Pressures in Well -Planning". Petroleum Engineer International, September, 1968.

Fertl, W.H. and Timko, D.J. "How Downhole Temperatures, Pre-ssures Affect Drilling". World Oil 45-49, July, 1972.

